



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

“Diseño y aplicación de un modelo de enrutamiento de vehículos para optimizar el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero en el proyecto Camisea”

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Anthony Balduino PRADO CORNEJO

ASESOR

Rosa María TIBURCIO ALVA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Prado, A. (2019). *“Diseño y aplicación de un modelo de enrutamiento de vehículos para optimizar el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero en el proyecto Camisea”*. Tesis para optar el título/grado de. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

METADATOS

Código ORCID del Autor:	NO APLICA
Código ORCID del Asesor:	0000-0002-2129-1623
Grupo de Investigación:	NO APLICA
Institución financiada parcial o total:	NO APLICA
Ubicación geográfica de la Investigación:	Planta de Fraccionamiento de Gas Natural Las Malvinas ubicada en la Cuenca de Ucayali, Distrito de Echarate, Provincia de la Convención, Departamento de Cuzco
Año o rango de años de la Investigación:	2018-2019
DNI:	72498732



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACTA N°037-VDAP-FII-2019

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **viernes 22 de noviembre de 2019**, a las 12:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

**“DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN MODELO DE ENRUTAMIENTO DE
VEHÍCULOS PARA OPTIMIZAR EL PLANEAMIENTO Y
PROGRAMACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE AÉREO DE
PASAJEROS EN HELICÓPTERO EN EL PROYECTO CAMISEA”**

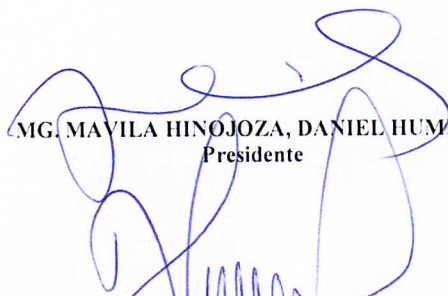
Que presenta el Bachiller:

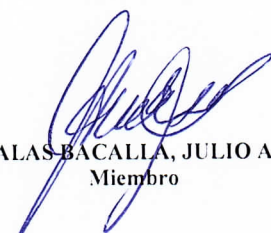
PRADO CORNEJO ANTHONY BALDUINO

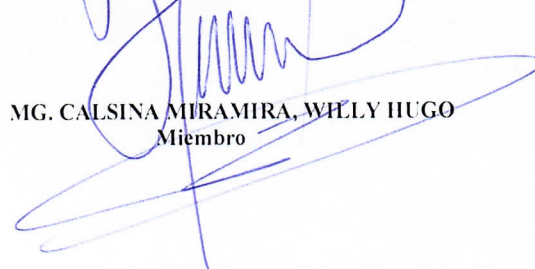
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria**.

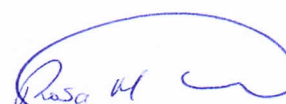
Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 13:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido APROBADO con la calificación promedio de DIÉCISEIS, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 22 de noviembre del 2019


MG. MAVILA HINOJOZA, DANIEL HUMBERTO
Presidente


MG. SALAS BACALLA, JULIO ALEJANDRO
Miembro


MG. CALSINA MIRAMIRA, WILLY HUGO
Miembro


ING. TIBURCIO ALVA, ROSA MARIA
Asesor

A mi madre quien sacrifico horas y horas de sueño por mi bienestar. A mi padre, que con un sueldo mínimo nunca hizo faltar un plato de comida a ninguno de sus 6 hijos. A mis hermanos Edwin y Diego por los recuerdos y comprensión a pesar de mis errores. A mi primo Roberth, tía Georgina, tío Orlando, tía Ana, por su apoyo incondicional. A mi abuela Luzmila en el cielo por su amor y cariño.

AGRADECIMIENTOS

- A mis asesores de tesis Ing. Rosa Tiburcio e Ing. Willy Calsina por su orientación y gran profesionalismo
- A mi alma mater, la UNMSM por haberme permitido gozar una de las etapas más especiales en mi vida.

RESUMEN

La presente tesis aborda el diseño y aplicación de un modelo de enrutamiento de vehículos para optimizar el planeamiento y programación de rutas de transporte de pasajeros por helicóptero en el Proyecto Camisea. A través de este modelo se obtienen rutas más eficientes y como consecuencia disminuyen el tiempo de vuelo facturado, combustible consumido, tiempo de trabajo del Planner para elaborar los programas diarios de transporte; logrando de esta manera la reducción de costo de transporte.

Respecto a la metodología, en primer lugar, se tomó una muestra de la población de 457 turnos de vuelo de pasajeros del año contable 2018 y se extrajeron los datos del costo de transporte, distancia recorrida y combustible consumido, así como los parámetros de cada turno (velocidad media, autonomía, tiempos en tierra cronológicos y facturados, tiempos de espera para despegue, tiempos de espera para apague y tiempo de vuelo disponible para cada flota) para usarlos en el modelo de enrutamiento a fin de realizar un contraste en igualdad de condiciones. Luego se realizaron las simulaciones con el modelo de enrutamiento de vehículos calculando los valores de las variables de interés en las nuevas rutas generadas. Con esta información se contrastó la hipótesis: Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se optimiza el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero en el Proyecto de Camisea.

Finalmente se comprobó la hipótesis general y las hipótesis específicas planteadas. La hipótesis relacionada con la reducción del costo de transporte aéreo se comprobó al obtener un valor positivo para el ahorro porcentual esperado en cada turno y la segunda hipótesis, relacionada con la reducción del tiempo de trabajo invertido por el Planner para la elaboración de los programas diarios, se comprobó mediante una prueba de hipótesis estadística de cola inferior.

INDICE

Capítulo 1. El Problema de la Investigación.....	3
1.1 Descripción de la Realidad del Problema	3
1.2 Definición del Problema	7
1.2.1 Problema general.....	12
1.2.2 Problemas específicos	12
1.3 Justificación e Importancia de la Investigación	12
1.3.1 Justificación teórica.....	12
1.3.2 Justificación social y medioambiental	12
1.3.3 Justificación práctica	13
1.4 Objetivos de la Investigación	13
1.4.1 Objetivo general	13
1.4.2 Objetivos específicos	13
Capítulo 2. Marco Teórico	14
2.1 Antecedentes del Problema	14
2.2 Bases Teóricas.....	19
2.2.1 Etapas de un proyecto de investigación de operaciones	19
2.2.2 Modelo de programación lineal y programación lineal entera mixta.	20
2.2.3 TSP y nociones básicas de VRP.....	20
2.2.3.1 TSP (Traveling Salesman Problem).....	20
2.2.3.2 VRP (vehicle routing problem).....	23

2.2.3.3 Variantes del VRP	25
2.2.4 Métodos exactos para resolución de modelos LP, IP y MILP	29
2.2.4.1 Método simplex.....	29
2.2.4.2 Algoritmo branch and bound	31
2.2.4.3 Algoritmo de plano de corte.....	34
2.2.5 Métodos aproximados para la resolución de modelos LP, IP y MILP.....	36
2.2.5.1 Método de Clarke and Wright.....	36
2.2.5.2 Algoritmos genéticos	37
2.2.5.3 Recocido simulado	37
2.2.5.4 Búsqueda tabú	38
2.2.5.5 Enjambre de partículas	38
2.2.5.6 Primal heuristics.....	39
2.2.6 Software	39
2.2.6.1 AMPL.....	39
2.2.6.2 Optimizador Gurobi	41
2.3 Marco Conceptual	41
Capítulo 3. Formulación de la Hipótesis.....	45
3.1 Hipótesis General	45
3.2 Hipótesis Específicas	45
3.3 Variables	45
3.4 Matriz de Consistencia.....	46

Capítulo 4. Diseño de la Investigación	47
4.1 Tipo de Investigación.....	47
4.2 Diseño de la Investigación	48
4.3 Población y Muestra.....	48
4.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	51
4.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	52
Capítulo 5. Análisis e Interpretación de los Resultados.....	53
5.1 Formulación del Modelo	53
5.1.1 Conjuntos	53
5.1.2 Parámetros.....	53
5.1.3 Variables de decisión	55
5.1.4 Definición de un commodity.....	55
5.1.5 Ecuaciones del modelo de enrutamiento.....	61
5.2 Presentación de Resultados	66
5.3 Contrastación de Hipótesis.....	72
5.4 Discusión de Resultados	74
Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones	77
6.1 Conclusión	77
6.2 Recomendaciones.....	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	86

CUADRO DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de Turnos por Estrato de la Población de Estudio	49
Tabla 2. Desviación Estándar de la Distancia Recorrida por Turno en cada Estrato	50
Tabla 3. Distribución del Tamaño de Muestra en cada Estrato.....	50
Tabla 4. Cantidad de Pasajeros por Par Origen-Destino único	56
Tabla 5. N° de Nodos que demandan o suministran pasajeros, por locación.....	56
Tabla 6. Estructura de un Commodity.....	57
Tabla 7. Ejemplo de un Resumen de Commodities	58
Tabla 8. Resultados-Costo de Transporte.....	67
Tabla 9. Resultados-Distancia Recorrida (Km).....	67
Tabla 10. Resultados-RIM.....	68
Tabla 11. Resultados-Combustible Consumido	68
Tabla 12. Ahorro Esperado- Por Turno, Total Absoluto y Relativo del Año Contable 2018.....	69
Tabla 13. Resultados-Tiempo de Procesamiento (en segundos).....	70
Tabla 14. Media e Intervalo de Confianza para el Tiempo de Procesamiento por Día usando el modelo VRP.....	71
Tabla 15. Comparación S/Pasajero entre Aeronaves Tipo 1 y Tipo 2	75

CUADRO DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del precio en dólares por millón de BTU de gas natural 2000-2017	4
Figura 2. Esquema de Producción de Camisea.....	8
Figura 3. Ilustración de la generación de sub-tours.....	23
Figura 4. Principales Variantes del VRP	26
Figura 5. Ejemplo de Ahorro de Distancia por Entrega Parcial	28
Figura 6. Recorrido por los Puntos Esquina en el Método Simplex.....	30
Figura 7. Ilustración del Método de Clarke and Wright.....	36
Figura 8. Esquema para formulación y resolución de un modelo de programación matemática	40
Figura 9. Matriz de Consistencia.....	46
Figura 10. Diagrama de Flujo para Clasificar los Requerimientos de Transporte	59
Figura 11. Diagrama de Flujo para obtener los Commodities.....	60

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios cuantifican el impacto positivo de una gestión eficiente de la cadena de suministro sobre la rentabilidad de una compañía, y está claro que un alto performance en este sector no solo reduce costos y produce bienes de alta calidad para un público actual más exigente e informado, sino que también impulsa las economías en vías de desarrollo.

En el sector hidrocarburos es clave tener altos estándares de desempeño en la cadena de abastecimiento, por lo expuesto anteriormente, y porque además contribuye a compensar los efectos de una alta volatilidad en los precios del rubro. Asimismo, y de acuerdo con investigaciones realizadas en el sector, la mitad de los costos de las compañías de gas y petróleo está relacionado con la compra de bienes y servicios, focalizados en el flujo de recursos en la logística no vinculada directamente con los hidrocarburos.

Uno de los servicios subcontratados que cobra especial relevancia en los proyectos de extracción y procesamiento de hidrocarburos que operan en zonas de alta sensibilidad socio-medioambiental es el transporte aéreo por helicópteros dentro de la zona de explotación. Es así en Camisea, el proyecto de extracción de gas natural más importante de Latinoamérica y el más importante del Perú por su contribución al sector energético.

El servicio de helitransporte de carga y pasajeros en este Proyecto es de por sí costoso debido principalmente a la poca oferta de operadores aéreos en el país y a los altos costos fijos para trasladar aeronaves del extranjero. Ello ocasiona que el presupuesto anual para este servicio represente más de un tercio del presupuesto anual de logística, el cual a su vez representa el 30% del presupuesto anual de todo el proyecto.

A ello se suma que para la planificación de rutas de vuelo se utilizan técnicas empíricas, sobre todo en el transporte aéreo de pasajeros, donde la cantidad de puntos de atención diarios por turno de vuelo y las características de los requerimientos de transporte

generan un espacio de posibles soluciones que no pueden ser explotados en su totalidad por el análisis del Planner.

Este panorama es ideal para la aplicación de la Investigación de Operaciones relacionada al ámbito de los problemas de enrutamiento de vehículo. Internacionalmente existe una amplia literatura que aborda este problema tanto en la parte aérea como en la parte terrestre en muchos sectores de la industria, sin embargo, en el Proyecto Camisea aún no existen iniciativas para explotar esta enorme oportunidad estratégica.

En el transcurso del desarrollo de la tesis se demostrará que el diseño de un modelo de enrutamiento de vehículo y su aplicación puede llegar a reducir el costo anual de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero del proyecto en más del 6% y el tiempo de trabajo del programador para la elaboración de las rutas en más del 70%, y que el impacto de este desarrollo va más allá del ámbito de este sector, abarcando aspectos de seguridad, impacto medioambiental y gestión del mantenimiento.

Capítulo 1. El Problema de la Investigación

1.1 Descripción de la Realidad del Problema

Una eficiente gestión de la cadena de suministro es de vital importancia para el desarrollo y permanencia de una compañía en el mercado. De ello depende incrementar el servicio al cliente (OTIF) y reducir los costos asociados con la gestión de los inventarios, de transporte y de producción. El director ejecutivo del Consejo de Profesionales de la Cadena de Suministro (CSCMP) con sede en Illinois, Blasgen (2011), señala que además de ser una herramienta para optimizar costos, hoy en día, a través de ideas innovadoras, se ha convertido en un factor que impulsa la expansión de mercados emergentes.

Diversos estudios demuestran objetivamente la importancia de un manejo estratégico de la cadena de suministro. El Instituto de Tecnología de Georgia, una de las universidades más importantes en Estados Unidos en cuanto a investigación, demostró en un estudio que el precio de las acciones de una empresa puede caer hasta en un 8% si se experimenta alguna ineficiencia en la cadena de suministro y una investigación de Bain & Company mostró que las empresas que emplean métodos modernos en la gestión de la cadena de suministro obtienen 12 veces más beneficios que las empresas que no aplican estos métodos (Blasgen, American Association of Port Authorities, 2013). De manera que es vital mantener altos estándares de rendimiento en la gestión de la cadena a través de la invocación y el soporte en las nuevas tecnologías.

Con respecto al panorama económico del sector en el cual se enmarca la presente tesis, éste se puede resumir a través del siguiente gráfico:

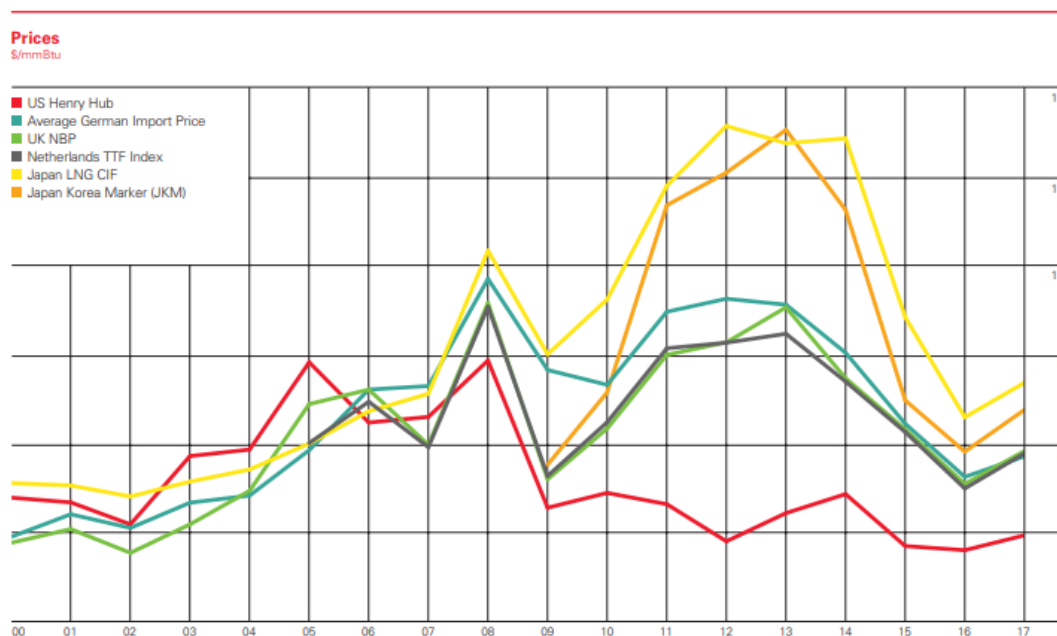


Figura 1. Evolución del precio en dólares por millón de BTU de gas natural 2000-2017 (BP p.l.c, 2018)

La gráfica muestra la evolución del precio del gas natural (por millón de unidades térmicas británicas) a través de varios índices de referencia. El más conocido de ellos es el US Henry Hub. Los indicadores Japan LNG CIF y Japan Korea Marker se derivan del precio al cual Japón importa el gas natural licuado (gas en estado líquido que luego es transformado en estado gaseoso para reinyectarse en los sistemas de distribución)

Se puede observar claramente descensos importantes del índice de precio entre los años 2008-2009 y 2014-2015. El primero de ellos se debe a la Gran Recesión que sufrió la economía mundial en el año 2008 y que produjo el desplome del precio de los commodities. El precio del gas natural por millón de BTU pasó de un máximo de 12.0\$/mmBTU a un mínimo de 4\$/mmBTU. A inicio del año 2014, comienza a producirse un continuo declive del precio del gas natural llevándolo a niveles inferiores a los 3\$/mmBTU. Esto debido a un

boom en la producción de aceite y gas de esquisto por parte de Estados Unidos (Promigas, 2014).

Este escenario, que implica fluctuaciones constantes en los precios, que muchas veces tienen origen en factores que no son directamente controlables, obliga a las compañías a reinventarse constantemente y a innovar para hacerse cada vez más competitivas y tener la capacidad de afrontar escenarios complejos e inciertos.

La logística de las empresas de hidrocarburos puede ser clasificada en dos ramas: la logística propia de los hidrocarburos (distribución a través de ductos, barcos y camiones acondicionados) y la logística que no se vincula directamente con ella. Esta última se encarga del transporte de materiales y piezas para los trabajos de mantenimiento de las plantas de procesamiento y para los propios trabajos de exploración y explotación, el transporte de consumibles para la alimentación del personal en los campamentos, el transporte de bienes y personas dentro del mismo campamento, etc. Todos estos servicios son por lo general subcontratados. Un dato sumamente relevante es que los productos y servicios comprados representan más del 50% de los costos totales de las compañías de gas y petróleo promedio (Harvar Business School Review, 2018).

El Proyecto Camisea es el proyecto de explotación de gas natural más importante de América Latina. Hacia Febrero del 2009 las reservas probadas, según la consultora GCA (*Gaffney, Cline & Associates*), ascendían a los 8.8 TPC (6.85 en el lote 88 y 1.94 en el lote 56), 5.3 TPC menos que el valor estimado por el operador, mientras que entre los lotes 57 y 58 las reservas probables no certificadas ascendían a 7 TPC (Roca, 2010).

El proyecto es operado por el Consorcio Pluspetrol desde el año 2000, de acuerdo a cifras de esta compañía el proyecto produce el 92% del gas natural del país siendo este recurso responsable de la producción de más del 40% de la energía eléctrica (Pluspetrol, s.f.).

Por su ubicación geográfica (Cuenca del Ucayali, en la selva de Cuzco), su desarrollo representa un reto por las implicancias sociales y medioambientales, al estar la zona rodeada de una alta biodiversidad y ser el hogar de diversas comunidades, muchas de ellas en permanente aislamiento.

Por el alto costo social y medioambiental que implica operar en esta zona, la compañía aplica la estrategia *Offshore in Land* que consiste en emular las técnicas que se realizan cuando los yacimientos de explotación se encuentran en el mar (*Offshore*) para operaciones en tierra (*in Land*), es decir, para el transporte de personal, maquinaria y equipos entre la planta de fraccionamiento de Malvinas y los yacimientos de explotación del gas natural solo se utiliza transporte aéreo y fluvial. Para el transporte aéreo Pluspetrol cuenta con una flota de helicópteros subcontratada.

El costo de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero dentro del proyecto es bastante caro. Poniéndolo en perspectiva: el costo promedio de transportar una persona en helicóptero dentro del proyecto es \$145 y el pasajero recorre una distancia media de 45 km (ida y retorno al campamento), el ratio es de \$3.2 por pasajero en cada km de recorrido; un boleto de avión Lima-Miami-Lima en clase ejecutiva tiene un costo promedio de \$1810 y se recorre una distancia de 8430 km, el ratio es de \$0.2 por pasajero en cada km. Solo el presupuesto de Logística de la compañía representa aproximadamente el 30% del presupuesto total y el presupuesto de Transporte Aéreo en Helicópteros representan también el 30% del presupuesto total de Logística. Existe una clara oportunidad para evaluar alternativas que impulsen una gestión más eficiente sobre todo si se trata de un área de alta importancia estratégica para la compañía.

Una de estas alternativas se enmarca en la programación de las rutas de transporte aéreo de pasajeros. La programación de las rutas se ejecuta siguiendo dos criterios básicos:

mantener una Ocupabilidad alta y evitar ingresar más de una vez a un mismo destino. El primer criterio busca aprovechar al máximo la capacidad del helicóptero y el segundo tiene como finalidad generar rutas eficientes (reducir la distancia recorrida). Como se mostrará en los capítulos siguientes estos criterios pueden relajarse para optimizar aún más el costo de transporte; sobre todo el segundo, ya que diversos estudios revelan cómo al permitirle a la aeronave realizar entregas parciales en los destinos la distancia recorrida se puede reducir.

Aun cuando estos dos criterios se cumplan, existe una brecha entre la cantidad de rutas teóricamente factibles y la cantidad de ellas que se evalúan con los recursos que actualmente dispone el programador. Para ejemplificar, teniendo en cuenta que la cantidad de destinos promedio que es necesario cubrir por turno está entre de 5 y 8, y si se considera que la demanda requerida en cada destino no excede la capacidad del vehículo y que tampoco lo hace la suma de todos ellos, tendríamos un escenario donde es necesario evaluar entre $120(5!)$ y $40320(8!)$ rutas distintas.

1.2 Definición del Problema

El proyecto cuenta con una planta de fraccionamiento (Malvinas) a la cual se destina el gas extraído de los yacimientos. En esta planta se separa el gas de las impurezas y luego de pasar por procesos de criogenización y compresión, el gas es enviado a través de ductos hacia la costa para su distribución (Cálida) con fines de consumo interno. También se obtiene gas natural licuado el cual es enviado a través de ductos a una planta de fraccionamiento de líquidos ubicada en Pisco para ser procesada y destinada al consumo interno (derivados como gasolina natural, entre otros) y al mercado externo (México). Lo anterior se resume en la siguiente imagen:

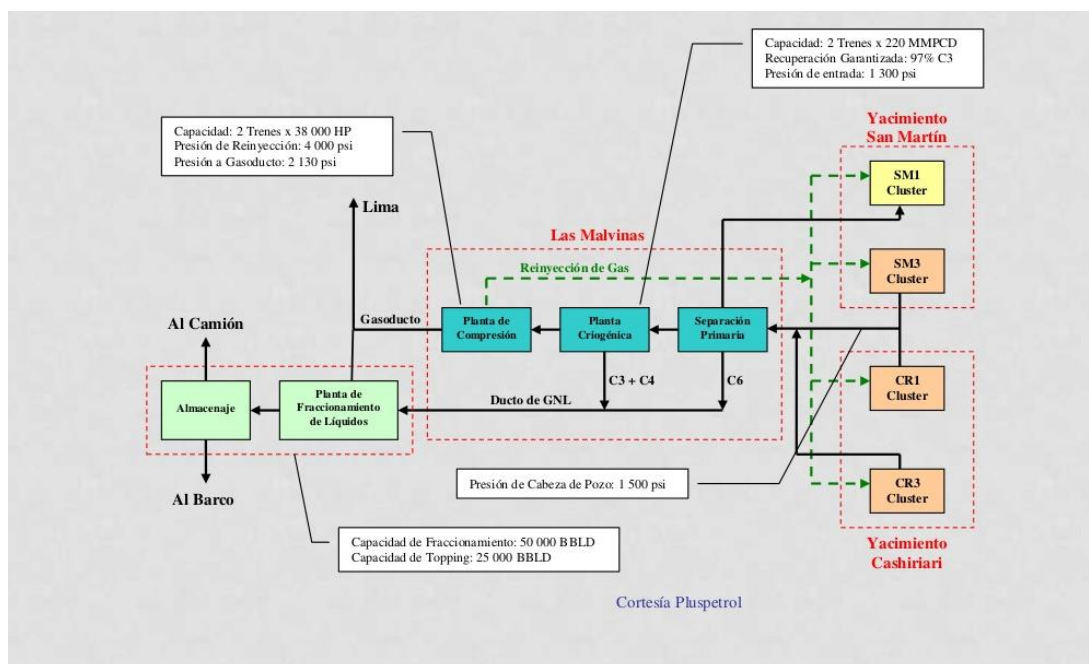


Figura 2. Esquema de Producción de Camisea (Pachas Yanac, 2013)

El campamento de Malvinas cuenta con 5 helipuertos para el transporte de personal hacia los yacimientos (clusters) y también hacia puntos específicos fuera de los clusters donde se realizan trabajos de mantenimiento, control de erosión, levantamiento de información para controles medioambientales (conocidos como progresivas), atención de emergencias (comunidades), etc. También se requiere movilizar personal entre los clusters y progresivas. Todos los destinos cuentan con helipuertos. También cuenta con zonas acondicionadas para la recepción de equipos y materiales que son helitransportados como carga externa (carga que se transporta fuera del helicóptero usando líneas de acero o de fibra de carbono) y muelles para el transporte fluvial de personas y equipos, sin embargo, estos servicios no son objeto del presente estudio.

Para ejecutar sus operaciones aéreas Pluspetrol cuenta con una flota de helicópteros clasificada en 2 tipos según su capacidad de carga. El Tipo 1 es un modelo de helicóptero que tiene la capacidad de volar con 10 pasajeros como máximo o 1000 kg de carga externa y el

Tipo 2 un máximo de 19 pasajeros o 3500 kg de carga externa. Cada tipo de helicóptero tiene una estructura de facturación propia; el helicóptero Tipo 2 factura el tiempo desde que enciende hasta que apaga (a este tiempo se le conoce como RIM, que es la abreviación en inglés de “rotores en movimiento”) y el Tipo 1 factura el tiempo en aire más una fracción del tiempo que se encuentra en tierra. Por razones de confidencialidad no es posible brindar la información acerca del costo de la hora de vuelo facturada de cada tipo de helicóptero, de modo que solo se mencionará que el costo por hora del helicóptero tipo 2 y el tipo 1 está en la relación de 3 a 2.

El servicio de transporte aéreo de pasajeros en helicópteros tiene 2 turnos. El primer turno inicia entre las 8:00 y 8:30 horas y termina a las 12:00 horas. El segundo turno inicia a las 13:00 y termina a las 17:30 horas (hora aproximada de la puesta del sol). Sumando los dos turnos, el servicio tiene un rango de operatividad que esta entre 8 a 8.5 horas, el cual puede reducirse hasta la mitad inclusive si las condiciones de tiempo no son óptimas.

Para el despacho de los vuelos, Pluspetrol cuenta con un equipo de apoyo en tierra encargado de las operaciones de embarque, seguridad y registro de datos.

El servicio de transporte aéreo se activa solo 4 días a la semana (días no regulares). Esto debido a que se realizó un análisis de la demanda y de la programación de trabajos de las áreas que usan el servicio y se determinó que no había necesidad de volar los 7 días.

Todos los helicópteros pernoctan en Malvinas dado que fuera del campamento no existen las condiciones de seguridad requeridas para resguardar las aeronaves, ni un sistema de abastecimiento de combustible para que los helicópteros puedan seguir operando al siguiente día. De manera que todos los helicópteros parten de Malvinas y siempre vuelven a Malvinas al finalizar las jornadas diarias. A éste ida y vuelta se le conoce como “Misión” o

“*RoundTrip*” y a la ruta que se forma por un despegue y un aterrizaje se le conoce como “Tramo”.

Por normativas de seguridad de la empresa, los pasajeros y la carga externa no pueden transportarse en el mismo tramo a la vez. Además, un helicóptero tiene una determinada autonomía de vuelo de manera que no puede realizar una “Misión” cuyo tiempo de ejecución exceda este parámetro.

Existen tres niveles de planificación: Anual, Semanal y Diario. En el primer nivel se calcula el presupuesto anual en base a una proyección de la demanda estimada para cada mes del año. Dado que esta demanda no está desagregada por día y por turno, el cálculo de las horas se realiza de manera indirecta ya que no es posible rutear. Para la Planificación Semanal la demanda entregada está detallada por día y por turno, además de contar con información adicional como la cantidad y tipo de equipaje. Las áreas usuarias confirman, un día antes del vuelo, los pasajeros que efectivamente volarán, también tienen la opción de reprogramar las fechas de vuelo y cancelar los cupos reservados. Este proceso cierra a las 16:00 horas (hora límite) y se conoce como “*Check In*”. Con esta demanda confirmada se procede a elaborar la Programación Diaria.

El día del vuelo entre las 6:30 horas y las 7:30 horas se realiza el registro de los pasajeros confirmados en el Programa Diario. En este proceso, la cantidad de vuelos, horas y rutas que se planificaron realizar se recalculan debido a factores como: ausencia de pasajeros, cancelación de cupos por casos fortuitos o climatológicos, atención de vuelos relacionados con emergencias médicas en comunidades o dentro del proyecto, transporte de personal para trabajos críticos en los clústeres o progresivas, etc. A este redimensionamiento se le conoce como “*Miniplanning*”.

En la elaboración de la Programación Diaria y el *Miniplanning*, el Planner se enfrenta a un problema de ruteo de alta complejidad y que requiere de tiempos de respuesta cortos (sobre todo en el *Miniplanning*). Los criterios que se utilizan actualmente como guía para diseñar rutas óptimas (Alta Ocupabilidad y Evitar Entregas Parciales en los Destinos) son útiles, pero son producto del conocimiento empírico y carecen de un fundamento científico sólido. Las dimensiones del problema, la mayoría de veces, excede las capacidades técnicas del Planner y sus recursos (el tiempo para procesar la data) y no se cuenta con un sistema de soporte que pueda evaluar diversas opciones de ruteo para ayudar en la toma de decisiones. Si a la utilización de técnicas empíricas le sumamos el alto costo de la hora de vuelo en helicóptero, se crea el terreno propicio para la implementación de nuevos métodos que ayuden a la optimización del servicio.

El esquema de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero del proyecto Camisea se puede concebir como un problema de enrutamiento de vehículo o VRP por sus siglas en inglés (*Vehicle Routing Problem*), el cual está ampliamente difundido en la literatura científica. El VRP más básico consiste en un nodo fuente o depósito del cual parte un vehículo, de una capacidad de carga definida, para entregar ítems en los nodos de destino y el objetivo es que el vehículo recorra la menor distancia posible. Este problema se abstrae en un modelo matemático de programación lineal y se resuelve con métodos exactos (método simplex, plano de corte, etc) y con el uso de algoritmos que se acercan a la solución óptima. Agregando los matices propios de la operación de estudio: flota heterogénea, estructura de costos particular, autonomía de vuelo, flexibilidad para entregas parciales en los destinos y rango de operatividad limitado, tendríamos un modelo capaz de brindarnos mejores soluciones considerando todos los parámetros que rigen el problema de estudio.

1.2.1 Problema general

¿Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se puede optimizar el Planeamiento y Programación de rutas de Transporte Aéreo de Pasajeros en Helicópteros en el Proyecto Camisea?

1.2.2 Problemas específicos

¿De qué manera la aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículo puede ayudar a reducir el costo de Transporte Aéreo de Pasajeros en Helicópteros en el Proyecto Camisea?

¿De qué manera la aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículo puede ayudar a reducir el tiempo que invierte el programador para la elaboración de los programas de vuelo?

1.3 Justificación e Importancia de la Investigación

1.3.1 Justificación teórica

El presente estudio se apoya en los conceptos y teorías desarrollados en el campo de la Investigación de Operaciones, entre ellos los conceptos que rigen los modelos de programación lineal entera y mixta, modelos de redes, el uso de los modelos estándar del problema del agente viajero que sienta las bases para la construcción del modelo más básico del problema de enrutamiento de vehículo y los métodos exactos y aproximados para resolver PL de gran escala.

1.3.2 Justificación social y medioambiental

La obtención de rutas más óptimas impacta directamente en el consumo de combustible de los helicópteros, lo cual contribuye a una menor emisión de gases tóxicos

hacia el medioambiente. Esto es importante por la alta sensibilidad social y medioambiental de la zona de explotación.

1.3.3 Justificación práctica

Se justifica principalmente por el alto costo de la operación helitransportable de Camisea. Sin embargo, al atacar el problema del costo, también se aborda el problema del tiempo de respuesta del programador, ya que el modelo es capaz de analizar una cantidad mucho mayor de opciones de ruteo en menos tiempo que el planeador, lo cual permite seguir direccionando recursos a tareas de mayor valor agregado. Asimismo, como la reducción del costo de transporte aéreo está relacionado con la programación de rutas más cortas, esto tendrá un impacto directo en el riesgo aéreo tanto para los pilotos como para los pasajeros: menor tiempo en aire, menor tiempo de exposición al riesgo.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y aplicar un modelo matemático de enrutamiento de vehículo con la finalidad de optimizar el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros en helicópteros en el Proyecto Camisea.

1.4.2 Objetivos específicos

- Reducir el Costo de Transporte Aéreo de Pasajeros en Helicópteros en el Proyecto Camisea
- Reducir el tiempo que invierte el programador en la elaboración de los programas de vuelo.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Antecedentes del Problema

El desarrollo de la presente tesis se enmarca dentro de la disciplina de la Investigación de Operaciones la cual busca dar soporte en el proceso de toma de decisiones a través del uso de modelos matemáticos y herramientas analíticas avanzadas, sobre todo cuando dicho proceso involucra múltiples escenarios y una gran cantidad de variables y parámetros.

Una de las aplicaciones más importantes de esta disciplina se presenta en el problema de la planificación de rutas. A continuación, se describen diversos casos donde se aplicaron los fundamentos de la Investigación de Operaciones al problema de diseñar rutas eficientes:

Optimizing Helicopter Transport of Oil Rig Crews at Petrobras (Menezes, y otros, 2010).

Resumen: La cuenca de Campos es la región petrolífera más importante de Brasil y sus depósitos fueron descubiertos en el año 1974. En esta región, Petrobras cuenta con 80 plataformas de exploración y explotación, donde trabajan aproximadamente 25000 trabajadores. El transporte aéreo por helicópteros se utiliza para movilizar al personal desde 4 bases continentales ubicadas en la costa de Rio de Janeiro (3) y el estado de Espírito Santo (1) hacia las plataformas mencionadas; diariamente se movilizan 1900 trabajadores aproximadamente. Petrobras cuenta con una flota de 50 helicópteros repartidos entre todas las bases. Los helicópteros son de 8 tipos o modelos y cada uno de ellos tiene características propias de capacidad y estructura de costos. Dada la alta complejidad que implica elaborar programas de vuelo manualmente, Petrobras contrató a Gapso, una empresa especializada en desarrollo de sistemas de optimización. El modelo de Gapso debía considerar además de flota heterogénea, un tiempo de revisión del helicóptero antes de realizar un vuelo, el máximo número de veces que un helicóptero puede volar en un día, el máximo número de aterrizajes

de un helicóptero en un mismo vuelo, el máximo número de helicópteros que pueden aterrizar en una misma plataforma en una determinada franja horaria (para evitar tráfico aéreo), el tiempo de almuerzo de las tripulaciones, la capacidad de transporte de pasajeros de cada aeronave que a su vez está función de la longitud de la ruta, etc. El objetivo principal era maximizar el nivel de servicio en cuanto al cumplimiento al 100% de todos los requerimientos de transporte, pero además debía contemplar la reducción de los costos operacionales y de los riesgos de seguridad para las tripulaciones y los pasajeros. Para ello Gapso diseño un modelo de programación lineal entero mixto y, dada la envergadura del problema (miles de millones de variables), un algoritmo de generación de columnas combinado con métodos heurísticos.

Resultados: Al contrastar los programas de 354 días del año 2004 con los programas que devolvía el modelo de Gapso, obtuvieron una reducción de 18% en el número de aterrizajes, 8% en el tiempo de vuelo y 14% en los costos operacionales. La calidad de los programas de vuelo también mejoró dado que no se violaron las restricciones operativas, algo que en muchas ocasiones se hacía con la programación manual. El ahorro anual que se estimó fue de \$ 24 millones de dólares.

A Genetic Algorithm for the Pickup and Delivery Problem: An Application to the Helicopter Offshore Transportation (Romero, Sheremetov, & Soriano, 2007).

Resumen: Este caso es muy similar al de Petrobras. Se trata de una operación de explotación de hidrocarburos en la Sonda de Campeche al norte de la península de Yucatán en México. Se utiliza el transporte aéreo por helicópteros para movilizar al personal hacia las 60 plataformas ubicadas en la sonda, de manera que diariamente se movilizan 900 personas a un costo promedio de \$ 160,000 por día. Se utilizaron dos métodos heurísticos para resolver el problema y se evaluaron con demanda real.

Resultados: el primero de estos métodos conocido como algoritmo genético, devolvió planes de vuelo que, a pesar de cumplir con las restricciones impuestas, eran superados, aproximadamente en 18% de ellos en cuanto al uso de la capacidad de los helicópteros por los planes de vuelo elaborados manualmente. El segundo algoritmo conocido como recocido simulado superaba al 10% de los planes de vuelo manuales en cuanto a costos totales. Otro factor importante fue el tiempo para devolver una solución; mientras que al algoritmo genético le tomó una media de 5 minutos devolver una solución, la programación manual requería de 4 personas laborando durante 4 horas.

Diseño de un modelo multiobjetivo de VRP Pick-Up and Delivery Simultáneo (VRPSPD) para el aprovisionamiento de la leche en la cadena de suministros de lácteos (Ruiz, 2018).

Resumen: El estudio está focalizado en la red de aprovisionamiento de leche cruda en el departamento de Sucre (Colombia) delimitando el alcance del problema a 5 municipios, cuya producción conjunta representa más del 60% de la producción total de la región. Se desarrolló un modelo matemático que buscaba, además de la optimización del costo de transporte, la reducción de las emisiones de CO₂. El modelo consideraba la opción de realizar entregas y recogidas al mismo tiempo, flota de vehículos de distinta capacidad de transporte, horarios delimitados para entrega y recogida de ítems en los nodos de destino y múltiples depósitos.

Resultados: Se utilizaron métodos exactos para resolver el modelo y se logró reducir en más de 18% los costos totales respecto al escenario actual con programación manual. Debido al alto costo computacional se desarrolló también un algoritmo basado en el método de ahorros, se obtuvieron resultados favorables, aunque se violaron algunas restricciones de ventana de tiempo.

Elaboración de un sistema de optimización para el ruteo de vehículos en la distribución de papapan fortificado del Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA) basado en un modelo de optimización de grafos y heurística de ahorros (Acuña, Zumarán, & Coronado, 2012).

Resumen: Los autores se concentran en las ineficiencias del sistema de distribución de alimentos del PRONAA, una entidad del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social del Perú, que atiende a los alumnos de instituciones educativas nacionales principalmente en zonas de bajos recursos. Para el desarrollo del modelo analizaron los problemas del sistema de distribución del papapan fortificado, producto perecible y de poca vida útil, el cual no era entregado a tiempo por diversos factores, entre ellos, los desfases generados en el inicio de la distribución y los tiempos de espera prolongados en las escuelas para realizar las entregas, impactando directamente en la calidad del servicio y asumiendo un alto costo social. Para afrontar el problema utilizaron primero el algoritmo de Floyd Marshall, con la finalidad de obtener el recorrido de distancia mínima entre dos puntos, y luego aplicaron la heurística de Clarke and Wright para construir las rutas óptimas.

Implantación de VRP-Solver aplicando la heurística de Clarke y Wright para el ruteo del transporte terrestre en el área de distribución caso de estudio: industrias alimentarias (Maguiña, 2016).

Resumen: El estudio tuvo como objetivo optimizar la red distribución de ítems de una empresa ubicada en el distrito de Ate y que fabrica productos diversos (en su mayoría alimentos de primera necesidad, no perecibles) para Lima y Provincia. El 60% de las operaciones de transporte están concentradas en Lima movilizand una media de 120 toneladas diarias. Para la atención local, la empresa cuenta con una flota de 28 unidades de transporte con capacidades de 7 toneladas y 10 toneladas, y en cuanto a provincia la flota está

compuesta por 7 camiones propios con capacidades de 15 toneladas y 30 toneladas y también utilizan camiones terceros (entre 28 a 35 camiones). El autor hace uso del software VRP-Solver para lograr obtener rutas óptimas de distribución. El software recibe la información de la ubicación de los clientes, la demanda, la capacidad de los vehículos y las distancias y devuelve el conjunto de rutas más eficientes, la distancia que recorre cada ruta y la carga que transportan los vehículos en cada ruta. El software trabaja con la heurística Clarke y Wright. Para las pruebas el autor considero una muestra de 46 clientes y 1 almacén central.

Resultados: Al aplicar VRP-Solver en la muestra seleccionada obtuvieron un ahorro de más de 10% en la distancia recorrida respecto a la programación manual propuesta por los choferes.

Mejora en el abastecimiento y recolección de materia prima, aplicando heurísticas de Ruteo de Vehículos (Rojas & Silva, 2014).

Resumen: La empresa SafariFresh se dedica a la comercialización del holantao y cuenta con campos de cosecha adyacentes a la carretera los libertadores (transversal que conecta Ica, Huancavelica y Ayacucho) y una planta de procesamiento ubicada en el “Fundo Doña Pancha” en Chincha. En total son 6 lotes de cultivo y en cada lote existe una cantidad determinada de puntos de acopio del holantao que suman un total de 30. La empresa cuenta con 2 unidades de transporte con capacidad de carga de 3200 kg para la recolección diaria de la materia y prima y la programación de las rutas que deben seguir estos vehículos se realiza de acuerdo a la experiencia de los choferes y al criterio de los ingenieros a cargo. Los autores diseñaron la red que representa la cadena de abastecimiento del holantao, la cual contiene 6 nodos principales ubicados en la carretera y los 30 nodos de acopio ubicados alrededor de cada nodo principal.

Resultados: El procedimiento de optimización se desarrolló en dos fases, primero obteniendo la ruta más corta a través de la heurística de ahorros y luego con el algoritmo de Gillet y Miller para asignar una sección de esta ruta a cada uno de los dos vehículos. Se estimó un ahorro de 36% en la distancia recorrida por los dos vehículos.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Etapas de un proyecto de investigación de operaciones

La Investigación de Operaciones es una herramienta de soporte para la toma de decisiones cuando se afronta un determinado problema dentro de una compañía o fuera de ella en situaciones más cotidianas. En términos sencillos se trata de la búsqueda de la mejor forma de usar los recursos disponibles para lograr un objetivo (o múltiples objetivos) predeterminado, sobre todo cuando estos recursos son escasos o de un costo muy elevado. Según Taha (2012) al aplicar la Investigación de Operaciones generalmente se comienza definiendo el problema (que implica identificar las variables y definir los objetivos que se quieren alcanzar), luego se construye el modelo vinculando las variables a través de relaciones matemáticas que pueden, o no, ajustarse a modelos estándar, en función a ello se soluciona el modelo utilizando algoritmos predefinidos o métodos alternativos como el diseño de algoritmos heurísticos, el siguiente paso es verificar que las soluciones que devuelve el modelo se puedan aplicar a un escenario real, y si es así, se realiza la implementación de la solución diseñando instrucciones claras para los equipos relacionados al problema de estudio; de lo contrario el modelo tiene que volver a revisarse y considerar la inclusión de nuevas variables o restricciones que hayan sido omitidas o la búsqueda de nuevos métodos de solución al modelo.

2.2.2 Modelo de programación lineal y programación lineal entera mixta.

Se puede definir un PL de manera algebraica o matricial. En la forma matricial, se define X como un vector n dimensional que identifica a las variables del problema, A como una matriz de m filas y n columnas, con $n > m$, que representa los coeficientes de las restricciones (asociadas a los recursos disponibles), el vector b que representa el límite de los recursos y el vector C como los costos asociados a las variables (Taha, 2012). La definición matemática del problema queda de la siguiente forma:

$$\text{Maximizar o minimizar } z = C^T X$$

Sujeto a:

$$AX = b$$

$$X \geq 0$$

La última desigualdad representa la restricción de no negatividad. Si el vector b solo asume valores positivos el PL quedaría en su forma estándar. Si exigimos que un conjunto de tamaño “ s ”, de las n variables, tome valores enteros, entonces el modelo se convierte en un PL entero mixto (siempre y cuando $s < n$). A esta exigencia se le conoce como restricción de integralidad. Se conoce como PL entero puro cuando $s=n$, y si además se restringen los valores de las s variables al conjunto $\{0,1\}$, se obtiene un PL entero binario.

2.2.3 TSP y nociones básicas de VRP

2.2.3.1 TSP (*Traveling Salesman Problem*)

Sus principios matemáticos fueron abordados durante el siglo 19 y comenzó a ser difundido durante las primeras décadas del siglo 20 bajo el nombre de TSP (*Traveling*

Salesman Problem) o problema del vendedor ambulante (University of Waterloo, 2007). En términos sencillos, el problema consiste en encontrar la ruta más corta que conecte un conjunto de puntos (nodos, ciudades, etc.), iniciando y terminando en el mismo punto. Para ello se conocen las distancias que conectan cualquier par de puntos y se asume simetría (la distancia entre dos puntos no depende del sentido de la ruta que los conecta). Ahora, formalmente, a la red que conforman los puntos y las rutas formadas por cada par de puntos se le conoce como grafo (conjunto de vértices y arcos) y el problema del vendedor ambulante se puede resumir en encontrar un ciclo hamiltoniano de distancia mínima (camino que recorre todos los vértices del grafo y que inicia y termina en el mismo vértice)

El TSP como un programa lineal entero fue formulado por primera vez por Dantzig, Fulkerson y Johnson en 1954. A continuación, se da la formulación matemática:

$$\text{minimizar: } \sum_{(i,j) \in E} d_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in V} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V$$

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V$$

$$\sum_{i,j \in S, i \neq j} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset V, \{1\} \notin S, |S| \geq 2$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}$$

V es el conjunto de vértices del grafo G y E el conjunto de aristas del grafo dirigido (i, j). A cada arista del grafo dirigido se le asigna una variable binaria x_{ij} que asume el valor de 1 cuando forma parte del recorrido y 0 en cualquier otro caso. La variable d_{ij} representa la

distancia del nodo i al nodo j (representa el costo asociado al arco) y la función objetivo se define como la suma producto de cada variable binaria con su correspondiente costo asociado.

Las dos primeras restricciones aseguran que para cada vértice solo exista como máximo un arco de ingreso y otro de salida, en otras palabras, la ruta debe cruzar una sola vez cada vértice. Se podría intuir que estas restricciones son suficientes para construir el circuito hamiltoniano, sin embargo, existe un vacío ya que se pueden generar circuitos aislados que solo conecten a un subconjunto de vértices.

Es por ello que la tercera restricción asegura que no se generen recorridos aislados o sub-tours, como los que se muestran en la figura 1. Cada sub-tour S está conformado por un subconjunto de vértices de V (que excluye al nodo principal y siempre involucra a dos o más vértices) y un conjunto de aristas que como mínimo es la cantidad de vértices del subconjunto. De ello se deduce que, para evitar su formación, la cantidad de aristas deba ser siempre menor a esta cantidad de vértices.

Dado que el número de sub-tours crece exponencialmente, en la medida que aumenta la cantidad de vértices del grafo, y por la tanto también lo hace la cantidad de restricciones, existe una versión del TSP conocida como la formulación MTZ, llamada así por los autores que la propusieron (Miller, Tucker y Zemlin). En esta versión se generan variables artificiales que hacen referencia a la secuencia en la cual las ciudades o nodos son visitados (Ahmia & Skoudarli, 2017). La expresión que reemplaza a la tercera restricción del modelo inicial es la siguiente:

$$u_i - u_j + |V|x_{ij} \leq |V| - 1 \quad \forall i, j \in V - 1, i \neq j$$

Las variables artificiales son las representadas por la letra “ u ”. Este artificio reduce el número de restricciones de eliminación de sub-tours del orden de 2^{n-1} (número de

subconjuntos de V sin considerar al nodo principal) a $n^2 - 3n + 2$, logrando así que la variación del número de restricciones debido al incremento en el número de nodos se explique mediante una función polinómica.

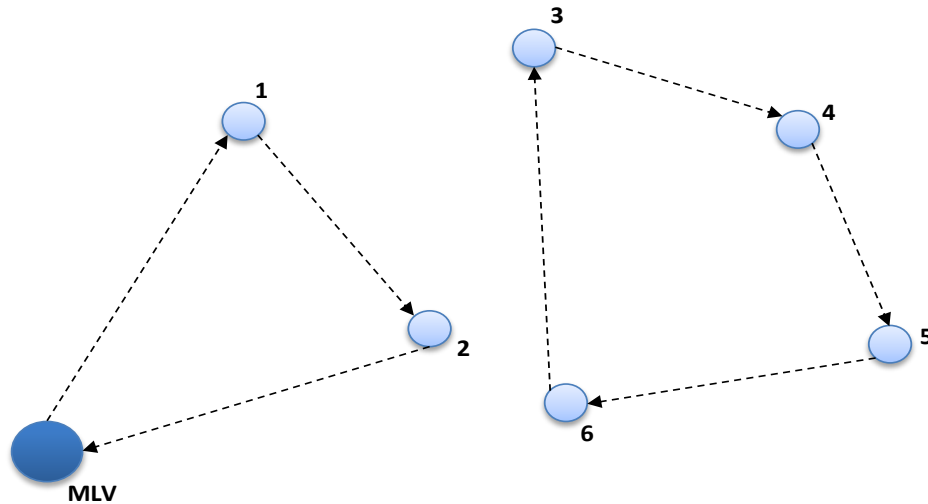


Figura 3. Ilustración de la generación de sub-tours (Elaboración Propia)

2.2.3.2 VRP (*vehicle routing problem*)

Dantzig y Ramser (1959) publicaron un artículo bajo el nombre de “*Truck Dispatching Problem*” el cual se ocupaba de la cuestión de cómo rutear una flota de camiones de reparto de gasolina desde un depósito a granel hasta las estaciones de servicio de manera que la distancia recorrida por la flota sea la mínima posible. Este artículo es considerado el primer antecedente relacionado con el problema de enrutamiento de vehículo.

La formulación matemática de Dantzig y Ramser considera, además de las restricciones clásicas de capacidad y flujo a través de los nodos, el tiempo máximo de ruta permitido para los vehículos y el tiempo que requieren los mismos para ejecutar el proceso de entrega en los nodos. De acuerdo con Golden (1975), consideraremos este esquema como el modelo genérico del problema de enrutamiento de vehículo.

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^{NN} \sum_{j=1}^{NN} \sum_{k=1}^{NV} t_{ij} l_{ijk} \quad (1)$$

$$\text{Sujeto a } \sum_{i=1}^{NN} \sum_{k=1}^{NV} l_{ijk} = 1, \quad j = 2, \dots, NN \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{NN} \sum_{k=1}^{NV} l_{ijk} = 1, \quad i = 2, \dots, NN \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{NN} l_{ipk} - \sum_{j=1}^{NN} l_{pjk} = 0, \quad k = 1, \dots, NV \quad p = 1, \dots, NN \quad (4)$$

$$P_k - \sum_{i=1}^{NN} \left\{ Q_i \sum_{j=1}^{NN} l_{ijk} \right\} \geq 0, \quad k = 1, \dots, NV \quad (5)$$

$$T_k - \sum_{i=1}^{NN} \left\{ t_i \sum_{j=1}^{NN} l_{ijk} \right\} - \sum_{i=1}^{NN} \sum_{j=1}^{NN} t_{ij} l_{ijk} \geq 0, \quad k = 1, \dots, NV \quad (6)$$

$$\sum_{j=2}^{NN} l_{1jk} \leq 1, \quad k = 1, \dots, NV \quad (7)$$

$$\sum_{i=2}^{NN} l_{i1k} \leq 1, \quad k = 1, \dots, NV \quad (8)$$

$$u_i - u_j + NN \sum_{k=1}^{NV} l_{ijk} \leq NN - 1, \quad 2 \leq i \neq j \leq NN \quad (9)$$

$$l_{ijk} \in \{0,1\} \quad (10)$$

En las ecuaciones, NN representa el número de nodos o ciudades y NV el número de vehículos. La variable u_i es una variable real auxiliar, P_k es la capacidad de transporte del vehículo k , T_k es el tiempo máximo permitido para la ruta del vehículo k , Q_i es la demanda en el nodo i y se considera que el nodo depósito no tiene demanda ($Q_1 = 0$), t_i es el tiempo requerido para entregar la demanda en el nodo i considerando que es 0 en el nodo depósito, t_{ij} es el tiempo de viaje, distancia o costo de transporte del nodo i al nodo j , l_{ijk} es una variable binaria que toma el valor de 1 cuando el arco (i, j) es usado por el vehículo k y 0 en cualquier otro caso.

La ecuación (1) representa la función de costo total a minimizar, las ecuaciones (2) y (3) aseguran que un nodo solo sea visitado por un vehículo una sola vez. La ecuación (4) asegura que la cantidad de arcos incidentes a un nodo sea igual a la cantidad de arcos que salen del nodo. La ecuación (5) es la restricción de la capacidad del vehículo k y la ecuación (6) la restricción del tiempo máximo permitido en la ruta del vehículo k . Las restricciones (7) y (8) aseguran que se usen solo la cantidad de camiones disponibles. Por último, la restricción (9) restringe la formación de sub-tours usando la formulación MTZ del problema del agente viajero. Se asume que la mayor demanda requerida por un nodo no excede la menor capacidad de transporte de los vehículos de la flota, es decir: $\max_{1 \leq i \leq NN} Q_i < \min_{1 \leq k \leq NV} P_k$ y que cuando se ingresa a un nodo se entrega toda la demanda requerida y no es necesario ingresar una vez más.

2.2.3.3 Variantes del VRP

Existe una gran cantidad de variantes del VRP y no existe una taxonomía única en la literatura. La clasificación que se muestra en la Figura 4 es básica, pero es la esencial para el

desarrollo de la presente tesis y partir de ella se puedan derivar las principales variantes del VRP.

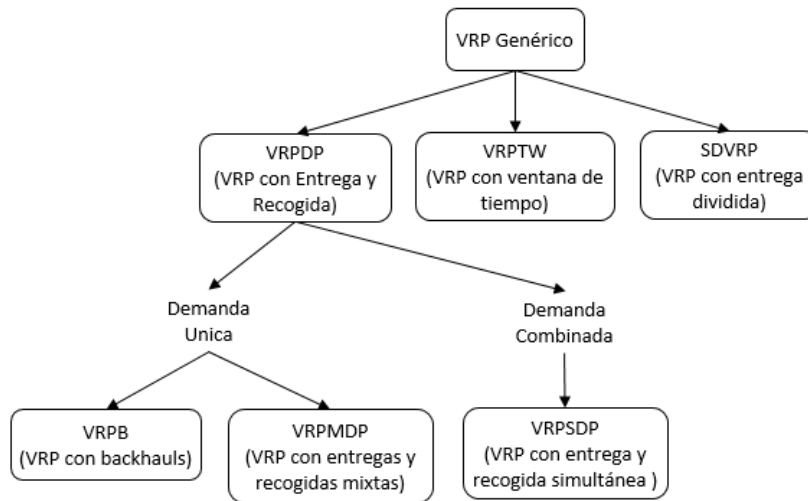


Figura 4. Principales Variantes del VRP. Adaptado de (Wassan & Nagy, 2014, p.97)

El VRPDP (*Vehicle Routing Problem with Deliveries and Pickups*) considera, además del flujo de demanda desde el depósito hacia los nodos, el flujo inverso. Por esta última variante este modelo tiene aplicaciones importantes en la logística inversa.

Los clientes que demandan entregas del depósito se conocen en la literatura como “*linehauls*”, los que demandan entregas hacia el depósito reciben el nombre de “*backhauls*” y, según el cliente sea categorizado y el orden de atención de los mismos, el VRPDP se subdivide en 3 subcategorías (Wassan & Nagy, 2014).

En el VRPB y el VRPMDP las clientes son linehauls o backhauls, no ambos. En el VRPB (VRP con backhauls) la premisa es que todos los clientes linehauls son atendidos antes que los backhauls y en el VRPMDP (VRP con entrega y recogida mixta) se elimina esta premisa siendo indiferente el orden en el cual sean atendidos. En el VRPSDP (VRP con

entrega y recogida simultánea) los clientes pueden ser linehauls y backhauls a la vez, algo muy natural en la práctica, y su demanda es atendida en un solo ingreso.

Si un caso práctico de demanda única se modela como un VRPMDP se debe tomar en cuenta que, además de asumir tiempos significativos por descarga de ítems para acceder a la demanda de los linehauls, en ciertos escenarios se debe priorizar el orden de atención de los clientes ya que el espacio dentro del vehículo podría no ser suficiente para embarcar la demanda de los clientes backhauls. Una variante más del VRP considera restringir la entrega y recogida mixta solo si en el vehículo existe una cierta cantidad de espacio disponible (VRP con entrega y recogida mixta restringida); algunos autores consideran que este parámetro debe estar en el rango de 20 a 25% (Wassan & Nagy, 2014).

En el SDVRP (VRP con entrega dividida) la demanda de un cliente puede ser atendida en más de un ingreso por diferentes vehículos relajando la segunda y tercera restricción del modelo de Dantzig y Ramser. En la Figura 5 se muestra un ejemplo en el cual se obtiene un beneficio al permitir entregas divididas para un vehículo con capacidad de transporte de 4 unidades y 4 clientes con demanda de 3 unidades cada uno. En el primer artículo publicado en relación a este problema, Dror y Trudeau (1990) realizaron pruebas en más de 500 instancias (con cantidades diferentes de puntos de demanda) observando que para demandas de hasta 10% de la capacidad del vehículo no existían diferencias significativas en los resultados respecto al modelo genérico, sin embargo, para demandas mayores a este parámetro la diferencia era muy resaltante.

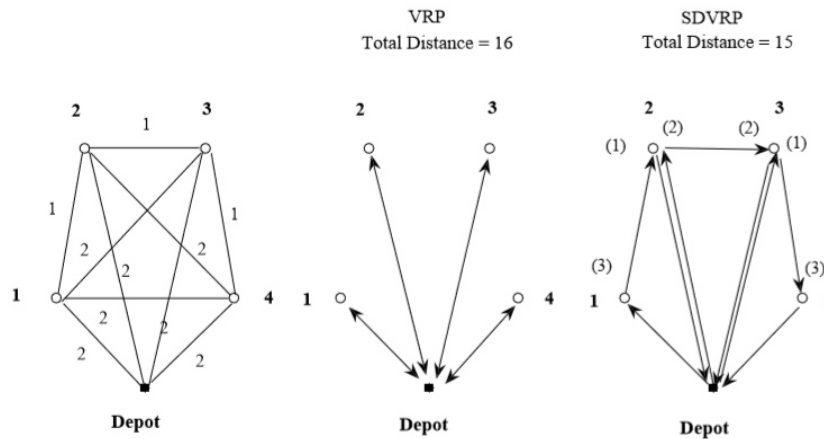


Figura 5. Ejemplo de Ahorro de Distancia por Entrega Parcial (Gulczynski, Golden, & Wasil, 2010)

Archetti, Savelsbergh y Speranza (2006) le pusieron un límite superior al ahorro económico que se puede generar al permitir entregas divididas, siendo éste, del 50% incluso en los escenarios en los cuales la demanda de un cliente supera la capacidad del vehículo y se permite que el número de ingresos para surtir a dicho cliente sea superior al mínimo necesario (Demanda del Cliente/Capacidad del Vehículo). Finalmente, Archetti y Speranza (2008) demostraron que el beneficio que se puede obtener permitiendo entregas divididas se explica en su mayoría por la relación entre la demanda y la capacidad del vehículo y no por las distancias de la red que forman los clientes y el depósito, siendo este beneficio mucho mayor cuando dicha relación se encuentra entre 50% y 75%.

En el VRPTW (VRP con ventana de tiempo) se incluye la restricción de ventana de tiempo para el inicio del servicio en cada nodo. La llegada de un vehículo al nodo i debe ocurrir dentro del intervalo de tiempo $[a_i, b_i]$. El vehículo puede llegar al nodo antes del tiempo a_i y esperar hasta dicho instante de tiempo para iniciar el servicio, pero está restringida la llegada al nodo después del tiempo b_i .

En la práctica las categorías antes mencionadas no son suficientes, es por ello que se pueden combinar para adaptarse a un escenario específico, por ejemplo, es posible tener

clientes que son linehauls y backhauls al mismo tiempo y permitir entregas divididas, o que dichos clientes impongan un rango horario para que los vehículos inicien la entrega o recogida de los productos, etc.

Existe otro grupo de categorías, fuera de la clasificación descrita, que está enmarcada en el grupo conocido como “VRP heterogéneo” en el cual los clientes son atendidos utilizando recursos distintos en cuanto a flota de vehículos, cantidad de depósitos, etc (Rocha, Gonzáles, & Orjuela, 2011). Este grupo es extenso, pero nos centraremos en la categoría que considera flota heterogénea de vehículos.

VRP con flota heterogénea es una variante que considera una flota de vehículos de distinta capacidad y con diferente estructura de costos. Si la flota es de tamaño limitado se le conoce simplemente como “VRP Heterogéneo” o por la abreviación “HVRP” y si es ilimitada como “*Fleet Size and Mix*” o por la abreviación “FSM”, y esto se complementa con los sufijos F y D dependiendo si se trata de una estructura de costo fijo o variable respectivamente (Baldacci, Battarra, & Vigo, 2008).

2.2.4 Métodos exactos para resolución de modelos LP, IP y MILP

2.2.4.1 Método simplex

La idea básica de este algoritmo, creado por George B. Dantzig, es recorrer los puntos esquina de la región factible del PL iniciando en un vértice y moviéndose en función de las variables que mayor ganancia generan a la función objetivo. Si transformamos las restricciones de desigualdad del PL en ecuaciones, a través de la inserción de variables de holgura (para el caso de las desigualdades \leq) y variables de superávit (para el caso de desigualdades \geq), nos quedaríamos con un sistema de “m” ecuaciones y “n” variables donde n debería ser mayor que m si no existen ecuaciones redundantes, de lo contrario el sistema

tendría una sola solución que a la vez sería la óptima (sin mayor análisis), siempre y cuando el determinante de la matriz formada por las coeficientes de las variables en las ecuaciones de restricción sea mayor a 0.

Gráficamente, existe un conjunto de puntos que cumplen con las restricciones del PL (espacio de soluciones factibles), los valores de las variables que optimizan la función objetivo se encuentran en las esquinas de dicho espacio y se calculan resolviendo todos los sistemas donde la cantidad de variables y la cantidad de ecuaciones sean iguales (Taha, 2012). De esta manera “n-m” variables asumen el valor de 0 para permitir resolver el sistema con m variables y m ecuaciones. Al conjunto de variables que asumen un valor obligatorio de 0 se les conoce como variables no básicas y al complemento como variables básicas (Taha, 2012).

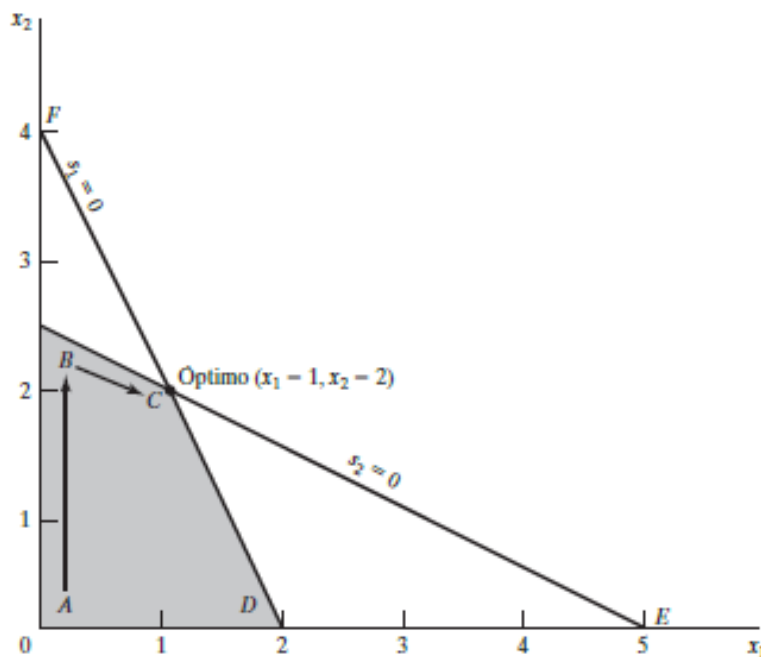


Figura 6. Recorrido por los Puntos Esquina en el Método Simplex (Taha, 2012. p.77)

En las iteraciones del método simplex, variables no básicas se convierten en básicas en función de la ganancia que ofrezcan a la función objetivo. Para que ello suceda, una

variable básica tiene que convertirse en no básica. Para establecer a qué variable básica actual se le debe asignar el valor de 0, se evalúa la variable no básica candidata en cada restricción y se determina cuál de ellas limita más su crecimiento (en caso de un problema de maximización). La variable básica actual asociada a dicha restricción es la elegida para salir de la base. Este proceso continúa hasta que no haya forma de mejorar la función objetivo con el intercambio de variables básicas por no básicas.

El tiempo que le toma al algoritmo simplex resolver un determinado tipo de PL depende del número de vértices del espacio de soluciones factibles y este número está en función de la cantidad de variables del problema. Generalmente esta relación variable-vértice se puede explicar mediante una función polinomial lo cual es bastante conveniente ya que, al aumentar el número de variables del problema, si bien es inevitable un incremento del número de vértices y por lo tanto del tiempo de cálculo, éste no es de gran magnitud. Sin embargo, Klee y Minty (1972) demostraron que en algunos casos el número de vértices era una función exponencial del número de variables y por lo tanto sí se producía un incremento drástico del tiempo de cálculo ante un incremento del número de variables por más mínimo que sea. En la práctica el método simplex se comporta como un algoritmo de tiempo polinomial para la mayoría de problemas, siempre y cuando el número de variables no sea mayor de 15000 o 20000 (Wright, 2011).

2.2.4.2 Algoritmo branch and bound

Conocido también como el método de ramificación y acotamiento. Constituye el marco de referencia para casi todo software comercial utilizado para la resolución de programas lineales enteros puros y mixtos (Norwegian University of Science and

Technology). Utilizando el enfoque “divide y vencerás” realiza particiones de un problema en subproblemas más fáciles de resolver.

La solución del modelo lineal relajado (sin considerar las restricciones de integralidad) proporciona una cota superior a la solución del modelo lineal entero, si se trata de un problema de maximización y una cota inferior si se trata de un problema de minimización.

Si al resolver el PL relajado se obtiene una solución en la cual todas las variables son números enteros (si se requiere que todas sean enteras) entonces la solución óptima para el modelo relajado habrá proporcionado la solución óptima para el modelo lineal entero, de lo contrario se realiza la ramificación.

La ramificación consiste en seleccionar una de las variables de valor fraccionario (a menudo se selecciona aquella con la mayor importancia económica) x_i y generar dos subproblemas agregando restricciones adicionales al modelo que impida que la variable seleccionada tome nuevamente dicho valor fraccionario de la siguiente manera:

Subproblema 1: Problema Inicial (relajado) + restricción $x_i \leq e$

Subproblema 2: Problema Inicial (relajado) + restricción $x_i \geq e + 1$

Considerando que x_i se encuentra entre los enteros e y $e + 1$ (los enteros más próximos). En el proceso de ramificación cada subproblema recibe el nombre de nodo y se conectan con arcos que representan las restricciones adicionales impuestas. En los modelos de programación lineal entera mixta la ramificación se realiza solo sobre las variables con valor fraccionario para las cuales se exige integralidad.

Si al resolver un subproblema, las variables asumen valores enteros entonces la solución óptima encontrada se vuelve la solución titular (*Incumbent*); hasta que la resolución

de otro subproblema en el proceso de ramificación devuelva una mejor solución. Si esto no pasa, el titular actual proporcionaría la solución óptima del programa lineal entero, de lo contrario el Incumbent es actualizado con la mejor solución óptima encontrada en el árbol. Cuando en algún nodo del árbol de ramificación se tiene un subproblema no factible la ramificación en este nodo se detiene. Lo mismo pasa cuando algún nodo nos da una solución óptima entera peor que el titular actual.

Poniendo como ejemplo un problema de maximización, el límite superior (*BestBound*) inicial es definido por la solución del programa lineal entero relajado. Este límite se actualiza en el proceso de ramificación. Por ejemplo, si tenemos un problema lineal entero de dos variables que al relajarlo nos da como solución óptima el valor 11.2 (*BestBound* actual) y ramificamos con base en una sus variables de valor fraccionario para generar dos subproblemas, el primer subproblema nos podría dar una solución óptima de 10.3 (aún con todas las variables de valor fraccionario) y de esta manera todavía el *BestBound* o mejor límite seguiría siendo 11.2, sin embargo el siguiente subproblema nos podría dar una solución óptima de 9.75 considerando todavía las variables con valores fraccionarios y de esta forma el mejor límite se actualiza de 11.2 a 10.3.

La diferencia entre el Incumbent y el mejor límite actual, relativa al Incumbent, nos proporciona una idea de cuánto puede aún mejorar este Incumbent. Éste ratio, conocido como “*Optimality Gap*” o simplemente “Gap”, es muy importante y se utiliza como criterio de parada del proceso de Ramificación y Acotamiento cuando la mejora que aún se podría obtener del Incumbent no justifica desde un punto de vista económico el continuar con el proceso de ramificación.

$$Optimality\ Gap = \left(\frac{|BestBound - Incumbent|}{|Incumbent|} \right) \times 100\%$$

2.2.4.3 Algoritmo de plano de corte

El más conocido es el método de Gomory y se utiliza para resolver un PL entero puro o mixto. La idea principal del algoritmo es reducir la región factible del PL relajado, agregando una restricción adicional llamada “corte”, con la condición que no se eliminen ninguna de las soluciones enteras factibles. En cada iteración se resuelve el problema relajado hasta que las restricciones de integralidad se hayan cumplido.

Este procedimiento se puede combinar con el algoritmo *Branch and Bound* para reducir la cantidad de iteraciones que se necesitan para acortar la brecha entre el *BestBound* y *Incumbent*.

Para generar un corte se debe tomar en cuenta la ecuación mediante la cual se obtienen las soluciones básicas en el método Simplex:

$$(B \quad NB) \begin{pmatrix} X_B \\ X_{NB} \end{pmatrix} = b$$

En esta ecuación X_B representa al vector de variables básicas y B la matriz de coeficientes de las variables básicas en las restricciones del PL. De ello se deduce que:

$$X_B + UX_{NB} = \hat{b}$$

$$\text{Donde } U = B^{-1}N \text{ y } \hat{b} = B^{-1}b$$

Las variables básicas toman los valores del lado derecho de la ecuación ya que las variables no básicas son iguales a 0.

Si el PL exige que un elemento i del vector de variables básicas sea entero, entonces, con base en la ecuación anterior, se debe aislar la ecuación que corresponde a este elemento de la siguiente manera:

$$X_{B_i} + \sum_j U_{ij} X_{NB_j} = \hat{b}_i$$

Como el elemento i aún no es entero, el lado derecho de la ecuación se puede expresar como la suma de una parte entera y una parte fraccionaria positiva menor a 1. De la misma forma con los elementos de fila de la matriz U .

$$U_{ij} = e_{ij} + f_{ij}$$

$$\hat{b}_i = \hat{e}_i + \hat{f}_i$$

Si se usan estas igualdades en la ecuación anterior y se ordenan los valores enteros a la izquierda y los fraccionarios a la derecha, se obtiene lo siguiente:

$$X_{B_i} + \sum_j e_{ij} X_{NB_j} - \hat{e}_i = \hat{f}_i - \sum_j f_{ij} X_{NB_j}$$

Si el elemento i de vector de variables básicas fuera entero, como se desea, entonces el lado derecho de la ecuación también lo sería. Como la función sumatoria del lado derecho de la ecuación es no negativa entonces toda la expresión tiene que ser necesariamente menor al componente fraccionario de \hat{b}_i (que es un valor entre 0 y 1). Dicho esto, toda la expresión debe ser menor que 0 o de lo contrario no se cumplirían las restricciones antes dadas.

$$\hat{f}_i - \sum_j f_{ij} X_{NB_j} \leq 0$$

Esta expresión se conoce como “Corte de Gomory”.

2.2.5 Métodos aproximados para la resolución de modelos LP, IP y MILP

2.2.5.1 Método de Clarke and Wright.

Tomando como base el problema de reparto de gasolina formulado por Dantzig y Ramser y agregando restricciones adicionales como vehículos de distinta capacidad, Clarke y Wright (1964) diseñaron un procedimiento que inicialmente consideraba que cada vehículo atendía solo un cliente y luego, buscaban unir las rutas de 2 vehículos en uno solo, siempre y cuando, esta unión produzca el máximo ahorro posible respecto a la solución inicial y no se violen las restricciones de capacidad de los vehículos. El procedimiento continúa hasta que ya no sea factible la unión de las rutas actuales.

La unión de dos rutas en una sola se efectúa a través de la creación de una conexión o arco entre 2 nodos, una por cada ruta. El procedimiento indica que solo se puede generar un nuevo enlace entre dos nodos que se encuentran unidos al nodo principal (depósito). Como se muestra en la Figura 7, el ahorro generado al crear la ruta (i, j) es igual a la suma de los costos asociados a las rutas $(i, 0)$ y $(0, j)$ menos el costo asociado a la nueva ruta. Se deben evaluar todas las conexiones posibles y elegir la que proporcione el mayor ahorro.

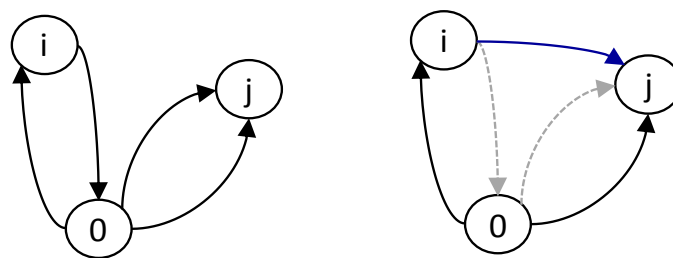


Figura 7. Ilustración del Método de Clarke and Wright (Elaboración Propia)

2.2.5.2 Algoritmos genéticos

Este método está basado en el proceso de la evolución natural en el cual tienden a perdurar las entidades que mejor se adaptan al entorno, y las que no, se extinguen con el paso del tiempo (Holland, 1992). El proceso de este algoritmo inicia definiendo una población de individuos (cromosomas), los cuales representan un conjunto de soluciones factibles para , generándose, en cada iteración del procedimiento, nuevas poblaciones de individuos por la combinación de cromosomas padre, estando dicha combinación sujeta a una función de probabilidad, de manera que es más probable que se reproduzcan sujetos con la mejor adaptación, o lo que es lo mismo, aquellos que mejor valor ofrezcan a la función objetivo del modelo. Baker y Ayecheew (2003) aplicaron un algoritmo genético para la resolución del problema básico de enrutamiento del vehículo. Abdul Ghani, Radiah Shariff y Meriam Zahari (2016) lograron aplicar este algoritmo al problema de enrutamiento de vehículo con la restricción de ventana de tiempo inicializando la población de manera aleatoria.

2.2.5.3 Recocido simulado

El algoritmo emula el proceso de recocido de metales y cerámicos que consiste en el calentamiento y posterior enfriamiento gradual del material para modificar sus propiedades. El proceso de calentamiento ocasiona que las partículas venzan inmediatamente la inercia y luego, a través del enfriamiento gradual, se puedan obtener estados de menor energía que el inicial; en el lenguaje de optimización es lo mismo que hacer que el algoritmo evite mínimos locales y se oriente a los mínimos globales, poniendo como ejemplo una problema de minimización (Kirkpatrick, Gelatt, & Vecchi, 1983). Mu, Wang, Zhao y Sutherland (2016) aplicaron este método para resolver el VRP con entrega y recogida simultánea realizando pruebas en 72 problemas de diferente escala (de 50 a 400 clientes o nodos) obteniendo una mejora promedio de 9.06% en el costo de transporte para problemas de mediana escala.

2.2.5.4 Búsqueda tabú

Glover y Laguna (1998) diseñaron este algoritmo el cual comienza con una solución factible y a través de un procedimiento que puede ser aleatorio o determinístico se generan nuevas soluciones con base en la solución inicial. Este procedimiento genera un conjunto de soluciones factibles que se conoce como “Vecindad” y luego, una lista tabú la cual almacena las soluciones anteriores con mejor performance, con la finalidad de evitar un ciclo o quedar atrapado en un óptimo local. El criterio de parada del algoritmo se puede definir en función a un número determinado de iteraciones o a un límite de tiempo. Un ejemplo de aplicación de este método se puede encontrar en la investigación de Brandao (2006) que lo aplica para resolver la instancia del VRP con backhauls.

2.2.5.5 Enjambre de partículas

Sus principios se basan en el estudio de la interacción de las entidades de una población. En el algoritmo, cada partícula (miembro de la población) inicia en una posición aleatoria, con velocidad cero y el movimiento de las partículas en cada iteración se produce en función a tres conceptos: la inercia, el componente cognitivo (experiencia personal de la entidad) y el componente social (experiencia obtenida como resultado de la interacción con el grupo). La inercia está relacionada con la velocidad actual de la partícula, el componente cognitivo está relacionado con el mejor performance de la partícula, hasta el momento, respecto a la función de costo (función objetivo que se busca maximizar o minimizar) y finalmente el componente social con el mejor performance actual de todas las partículas respecto a la función objetivo (Eberhart & Kennedy, 1995). Un ejemplo de aplicación de este método para resolver instancias del VRP es el artículo publicado por Ai y Kachitvichyanukul (2009) donde resuelven el problema genérico de enrutamiento con 29 hasta 134 nodos.

2.2.5.6 Primal heuristics

Tomando como referencia el algoritmo *Branch and Bound*, es fundamental obtener un *Incumbent* (solución titular) de calidad en la menor cantidad de iteraciones posibles. Esto debido a que en la gran mayoría de casos se cuentan con limitaciones en cuanto al tiempo disponible para la resolución de un determinado MILP.

Por ejemplo, en el curso del proceso de ramificación, se pueden obtener soluciones que no cumplen con las restricciones de integralidad, pero que se encuentran bastante cerca de asumir un valor entero; y en vez de seguir ramificando, se podría intentar redondear dichas variables y resolver nuevamente el PL relajado (fijando estos valores) y quizás se llegue a una nueva solución titular sin necesidad de aumentar el tamaño del árbol de expansión (Gurobi Optimization, s.f.). Aunque en la práctica los procedimientos aplicados no son tan básicos como el simple redondeo, es la idea de los “*Primal Heuristics*”, los cuales pueden ser clasificados en dos ramas: Heurísticas de Buceo y Métodos de Redondeo.

2.2.6 Software

2.2.6.1 AMPL

Muchos problemas que se presentan en la industria en aspectos como producción, marketing, transporte, etc. se abordan a través de la construcción de modelos de programación matemática. El modelo y los datos deben ser traducidos a una instancia capaz de ser resuelta por un algoritmo el cual devuelve una solución la cual es evaluada posteriormente. Este proceso puede entenderse mejor observando la siguiente figura:

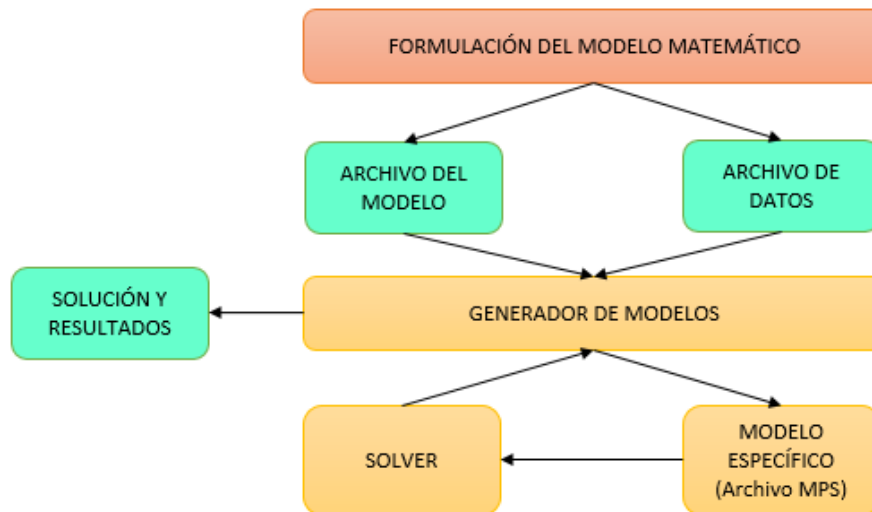


Figura 8. Esquema para formulación y resolución de un modelo de programación matemática (Universidad del Valle)

Para la construcción de estos modelos se utiliza la herramienta AML (Lenguaje de Modelado Algebraico). Esta herramienta permite describir modelos de programación matemática usando notaciones algebraicas conocidas, por ejemplo, las que se usan para definir conjuntos, además de variables, parámetros, objetivos y restricciones. Esto permite que el aprendizaje y entendimiento de estos lenguajes se desarrolle casi de manera intuitiva.

Existe una variedad de AML disponibles en el mercado, entre los cuales destaca AIMMS, GAMS, FLOPC++ y AMPL (*A Modeling Language for Mathematical Programming*).

De acuerdo con las estadísticas del servidor NEOS (servidor administrado por la Universidad de Wisconsin-Madison y que proporciona acceso a más de 60 solucionadores de optimización que se ejecutan en máquinas de alto rendimiento para resolver problemas de programación lineal, entera y no lineal) AMPL es el lenguaje más común para representar problemas de programación matemática que llegan al servidor.

2.2.6.2 Optimizador Gurobi

Es un solucionador comercial utilizado para la resolución de modelos de programación matemática lineal, entera mixta y no lineal.

Zonghao Gu, Ed Rothberg y Bob Bixby fundaron Gurobi Optimización Inc. en el año 2008 (el nombre Gurobi se debe a las iniciales de los apellidos de los fundadores). Años atrás participaron en el desarrollo del solucionador CPLEX (actualmente de IBM y líder del mercado de optimización). La primera versión del Optimizador Gurobi fue lanzada en el 2009 y una de las principales bondades de esta versión es que explotaba las características de las arquitecturas multinúcleos moderna. Entre sus principales socios destaca *Frontline Solvers* (Interfaz de Excel), *Microsoft Solver Foundation*, proveedores de AML como AMPL, GAMS, Maximal y Paragon.

Gurobi ha sido utilizado en la industria de energía eléctrica, en la creación de campañas publicitarias rentables para empresas web, en la optimización del calendario de la liga de fútbol americano de los Estados Unidos (NFL), en la cuantificación de la calidad de un perfil en las páginas de citas en línea y como soporte para toma de decisiones financieras de alto riesgo. Entre sus clientes destacan FedEx, Walmart, BNY Mellon, US Airways, ABB, Reservoir Labs, Biarri, etc. De acuerdo con INFORMS (*The Institute for Operations Research and the Management Sciences*) seis de las 10 empresas con mayor valor de mercado del mundo son clientes de Gurobi (Rothberg, s.f.).

2.3 Marco Conceptual

OTIF: Indicador aplicado al sector logístico que mide el porcentaje de entregas que se efectúan dentro del plazo establecido y en cantidad y tipo de producto solicitado.

Cadena de Suministro: Conjunto de procesos involucrados en el suministro de un determinado bien, que abarca desde los proveedores de materia prima, el almacenamiento de la materia prima en almacenes temporales, las plantas de producción, los canales de distribución, hasta llegar al cliente final.

BTU (*British Thermal Unit*): Calor necesario para incrementar, en 1 grado Fahrenheit, 1 libra de agua. Unidad utilizada para medir el poder calorífico del gas natural.

Precio Henry Hub: Precio en dólares por millón de BTU del gas natural que se comercializa en el centro de distribución Henry Hub en Louisiana y que se utiliza como referencia en América del Norte.

Gran Recesión: Crisis Económica Mundial que inició en el 2008 y que tuvo su origen en el estallido de la burbuja inmobiliaria de Estados Unidos.

Aceite de Esquisto: Aceite mineral obtenido de la roca de esquisto a través del proceso de pirolisis y que puede ser utilizado como sustituto del petróleo crudo.

Gas de Esquisto: Gas obtenido de la roca de esquisto a través de la técnica de fracturamiento hidráulico.

Hidrocarburo: Compuesto orgánico conformado solo por átomos de hidrógeno y carbono y que es usado como fuente de combustible.

TPC: Trillones de pies cúbicos. Utilizada para medición de volumen de hidrocarburos.

Offshore in Land (Alta Mar-Tierra Firme): Modelo de explotación de yacimientos de hidrocarburos en tierra firme, el cual imita las técnicas que se usan cuando las plataformas de extracción se encuentran en alta mar.

Ocupabilidad: Porcentaje ocupado de la capacidad de transporte del helicóptero.

Eficiencia: Relación entre las salidas (outputs) y los ingresos (inputs o recursos).

Vuelo Regular: Vuelo cuya demanda ha sido considerada en la planificación semanal.

Vuelo Adicional: Vuelo cuya demanda no ha sido considerada en la planificación semanal y que está relacionado con actividades rutinarias dentro del proyecto.

Vuelo de Contingencia: Vuelo cuya demanda no ha sido considerada en la planificación semanal y que está relacionado con acciones de emergencia.

Vuelo Especial: Vuelo cuya demanda no ha sido considerada en la planificación semanal y que está relacionado con visitas gerenciales o de comitivas gubernamentales.

Planta de Fraccionamiento: Instalación donde se realiza el proceso de fraccionamiento del gas natural.

Gas Natural: Mezcla de gases ligeros formados por la descomposición de capas de plantas y animales sometidos a altas temperaturas y presión al interior de la Tierra durante millones de años.

Helipuerto: Pista de aterrizaje para helicópteros.

Clúster: Punto de extracción del gas natural ubicado dentro del Proyecto Camisea.

Progresiva: Todo punto que no es Clúster ubicado dentro del Proyecto Camisea, donde se realizan trabajos de mantenimiento o proyectos específicos.

Hora de vuelo Computable: Unidad de tiempo facturado por el operador aéreo.

RIM: Suma de todos los tiempos que transcurren desde el arranque hasta el apagado de motores del helicóptero.

Puesta del Sol: Ocultamiento diario del sol bajo el horizonte por efecto de la rotación de la Tierra.

RoundTrip: Ruta de un helicóptero que inicia y termina en la base de operaciones.

Tramo: Sección de un RoundTrip limitada por un Despegue y un Aterrizaje.

Check In: Confirmación de uso del cupo aéreo por helicóptero un día antes de la fecha de vuelo pactada.

Grafo: Conjunto de vértices o nodos unidos mediante aristas o arcos.

Algoritmo: Conjunto de instrucciones claramente definidas para resolver un problema específico.

Taxonomía: Principios para clasificar u ordenar un conjunto de elementos.

Software: Conjunto de programas que se comunican con la parte física de ordenador para realizar tareas específicas.

Capítulo 3. Formulación de la Hipótesis

3.1 Hipótesis General

Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se optimiza el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero en el Proyecto de Camisea.

3.2 Hipótesis Específicas

- Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se reduce el costo de transporte aéreo de pasajeros en helicópteros en el proyecto Camisea
- Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se reduce el tiempo que invierte el programador en la elaboración de los programas de vuelo.

3.3 Variables

Variable Independiente: Diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículo

Variable Dependiente: Optimizar el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros.

Las variables específicas que analizaremos para demostrar la optimización del planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros son dos: El Costo de Transporte y el Tiempo invertido por el programador para la elaboración de los programas de vuelo. Además de estas variables, también se analizará la influencia sobre la distancia recorrida, tiempo de vuelo y combustible consumido, esto de manera complementaria, porque está claro que deben experimentar una reducción o incremento si así lo hace el costo de transporte.

3.4 Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN			
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema Principal: ¿Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se puede optimizar el Planeamiento y Programación de rutas de Transporte Aéreo de Pasajeros en Helicópteros en el Proyecto Camisea?</p> <p>Problemas Secundarios: P1. -¿De qué manera la aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículo puede ayudar a reducir el costo de Transporte Aéreo de Pasajeros en Helicópteros en el Proyecto Camisea? P2. -¿De qué manera la aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículo puede ayudar a reducir el tiempo que invierte el programador para la elaboración de los programas de vuelo?</p>	<p>Objetivo General: Diseñar y aplicar un modelo matemático de enrutamiento de vehículo con la finalidad de optimizar el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros en helicópteros en el Proyecto Camisea</p> <p>Objetivos Específicos: O1.- Reducir el Costo de Transporte Aéreo de Pasajeros en Helicópteros en el Proyecto Camisea O2.- Reducir el tiempo que invierte el programador en la elaboración de los programas diarios</p>	<p>Hipótesis General: Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se optimiza el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero en el Proyecto de Camisea.</p> <p>Hipótesis Específicas: H1.- Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se reduce el costo de transporte aéreo de pasajeros en helicópteros en el proyecto Camisea. H2.- Con el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos se reduce el tiempo que invierte el programador en la elaboración de los programas diarios</p>	<p>Variable Independiente: Diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículo</p> <p>Variable Dependiente: Optimizar el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros. Colocar las variables específicas</p>	<p>a) Distancia Recorrida (en Km) b) Horas de Vuelo c) Combustible consumido d) Costo de Transporte e) Tiempo invertido por el Programador</p>	<p>Para la variable Dependiente: 1.- Costo de Transporte/Pasajero o Transportado. 2.-Δ% del Costo de Transporte. 3.-Δ% de la Distancia Recorrida. 4.-Δ% del Combustible Consumido. 4.-Δ% del Tiempo invertido para la elaboración de los Planes de Vuelo.</p>	<p>Tipo de Investigación: Diseño de tipo experimental, del subtipo "preexperimento de prueba/posprueba con un solo grupo"</p> <p>Población y Muestra: La Población: Todos los turnos del año contable 2018 que registren transporte de pasajeros, se excluye la demanda de vuelos no regulares y mixtos. 457 datos. La población se divide en 4 estratos. Muestra: 55 turnos repartidos entre los 4 estratos: 22 en el estrato 1, 23 en el estrato 2, 6 en el estrato 3 y 4 en el estrato 4.</p>

Figura 9. Matriz de Consistencia (Elaboración Propia)

Capítulo 4. Diseño de la Investigación

4.1 Tipo de Investigación

La variable independiente, que es el diseño y aplicación de un modelo de enrutamiento de vehículo, será aplicada como herramienta para optimizar el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros que constituye la variable dependiente del problema de estudio. La medición del costo de transporte, distancia recorrida, tiempo de vuelo y tiempo de procesamiento para la generación de rutas se realizará antes y después de aplicar el estímulo. Como las mediciones se realizarán sobre un mismo turno con el objetivo de calcular el impacto de aplicar el modelo de enrutamiento de vehículos, el diseño experimental corresponde al de un “preexperimento de preprueba/posprueba con un solo grupo” de acuerdo con la nomenclatura de Campbel y Stanley (2012).

Como señala Hernández, Fernández y Baptista (2014), el principal problema con este tipo de diseño es que se corre el riesgo de no lograr la validez interna del experimento, es decir, conseguir que ninguna variable externa afecte la relación entre las variables independiente y dependiente y que de esta manera se pueda tener la seguridad que cualquier variación en la medición de la variable dependiente solo se deba a la aplicación o no de la variable independiente (modelo de enrutamiento de vehículo). Esto en gran medida por el tiempo transcurrido entre la preprueba y posprueba.

A pesar de ello, el contexto general en el cual se aplica el experimento es de tipo “laboratorio” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), de manera que se elimina toda influencia externa que pueda afectar las variables de interés y se logra la equivalencia para la comparación tomando los parámetros de ruteo de cada turno (velocidad media, tiempos de espera, tiempos en tierra cronológicos y facturados, autonomía de vuelo, numero de

atterrizajes máximos en un roundtrip) y utilizándolos como inputs en el modelo de enrutamiento.

4.2 Diseño de la Investigación

Realizar una primera medición del costo de transporte, distancia recorrida, tiempo de vuelo y combustible consumido por los helicópteros en un turno, correspondiente a la ejecución de un programa diario real de pasajeros. Para la medición previa del tiempo de procesamiento para generar las rutas se toma como referencia el valor de 40 min con base en la experiencia operativa.

Aplicar el modelo matemático de enrutamiento de vehículo teniendo como inputs la demanda, velocidad media, distancias, número de aeronaves, tiempos en tierra para despegue y de maniobra en destino, estructura de costos y autonomía de vuelo, propios del turno del programa diario de pasajeros que se está analizando.

Medir el costo de transporte, distancia recorrida, tiempo de vuelo, combustible consumido del programa de vuelo que se obtiene como resultado de la aplicación del modelo matemático de enrutamiento de vehículo. De igual manera se mide el tiempo de procesamiento para la generación de rutas del modelo de enrutamiento de vehículos.

4.3 Población y Muestra

La población la constituyen los 457 turnos (AM y PM) repartidos entre todos los días del año contable 2018 donde se ejecutaron vuelos regulares (vuelos que fueron planificados antes del inicio de la semana). Esto quiere decir que se excluye la demanda de los vuelos adicionales, de contingencia y especiales porque el ruteo de estos vuelos está significativamente influenciado por requerimientos específicos del usuario y no siguen

necesariamente criterios de minimización de distancia y costos. También se excluyen los pasajeros que fueron transportados en roundtrips mixtos.

Se consideró estratificar la población por turno y por tipo de día (regular o no regular) ya que en ocasiones y debido principalmente a factores como mal tiempo (parcial o total) y entrega tardía de aeronaves, se activan vuelos en días “no regulares” para el transporte de los pasajeros que no se pudieron movilizar el día anterior, considerando además, que la desviación estándar en cada estrato es menor que la calculada sin realizar la estratificación. La población se resume en el siguiente cuadro:

Tabla 1
Cantidad de Turnos por Estrato de la Población de Estudio

Día de Semana	AM	PM	Total
REGULAR	166	194	360
NO REGULAR	47	50	97
Total	213	244	457

Fuente: Elaboración Propia

Se utilizó el procedimiento de muestreo aleatorio simple estratificado y se consideró estimar la media poblacional de la distancia recorrida en cada turno en +- 30 km.

De acuerdo con Anderson, Sweeney y Williams (2008) la fórmula para el cálculo del tamaño muestral es la siguiente:

$$n = \frac{(\sum_{h=1}^H N_h s_h)^2}{N^2 \left(\frac{B^2}{4} \right) + \sum_{h=1}^H N_h s_h^2}$$

Donde N_h representa la población de cada estrato “h”, B es el error de estimación que en este caso es 30 km y s_h es la desviación estándar de la distancia recorrida por turno en cada estrato. Los datos de esta última variable se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 2
Desviación Estándar de la Distancia Recorrida por Turno en cada Estrato

Día de Semana	AM	PM
REGULAR	132	115
NO REGULAR	122	83

Fuente: Elaboración Propia

Reemplazando los valores se obtiene un tamaño muestral igual a 55 turnos. El siguiente paso es determinar la distribución de este valor entre cada estrato.

Para ello se utilizó el método de asignación de Neyman (Anderson, Sweeney, & Williams, 2008). La fórmula es la siguiente:

$$n_h = n \left(\frac{N_h s_h}{\sum_{h=1}^H N_h s_h} \right)$$

Reemplazando los datos, la muestra se distribuye de esta manera:

Tabla 3
Distribución del Tamaño de Muestra en cada Estrato

Día de Semana	AM	PM
REGULAR	22	23
NO REGULAR	6	4

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), en la elaboración del plan de recolección de datos se determinaron los siguientes puntos:

- **La Fuente de Datos:** La primera fuente es el “Registros de Vuelos del Año 2018”. En estos registros se detallan el tipo de servicio (Pax o Carga), las rutas, tiempos de vuelo y categoría del vuelo (Vuelo Regular, Vuelo Adicional, Vuelo de Contingencia o Especial). Esta fuente se utilizó para obtener los parámetros de referencia de cada turno de la muestra para ser ingresado en el modelo matemático. La segunda fuente es el “Registro de Pasajeros Transportados” donde se detalla, por cada pasajero, el origen y el destino del servicio ejecutado, así como el tiempo de vuelo y combustible facturado a cada centro de costos.
- **Localización de la Fuente:** Estos registros son levantados diariamente en el Proyecto Camisea.
- **Métodos de Recolección de Datos:** La información que se encuentra en las dos fuentes es recolectada y elaborada diariamente por el Operador Aéreo y el Operador Logístico en Tierra. El Operador Aéreo reporta los tiempos de salida del origen y de llegada al destino, así como la hora de despegue y apague de las aeronaves; estos tiempos son corroborados con los sistemas de tracking de cada aeronave. Se comparan las variables de interés (velocidad, tiempo en tierra, tiempo de despegue, tiempo de apague, etc) contra su media estadística histórica para identificar aquellos datos que se dispersan significativamente de la medida de tendencia central y se investigan las causas que pudieron dar origen a esta desviación. Se revisa que el tiempo de vuelo computable reportado esté alineado con la estructura de costos de cada operador.

Finalmente se corrobora el combustible reportado por el operador aéreo contra el registro de abastecimiento del Operador Logístico en Tierra.

La distancia recorrida en cada tramo del plan de vuelo se calcula utilizando las coordenadas geográficas del origen y destino de la ruta mediante la fórmula de Haversine:

$$d = 2r \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

Donde φ representa la latitud, λ la longitud (ambos en radianes) y “r” el radio terrestre (en este caso se uso el promedio entre el radio ecuatorial y polar conocido como radio medio y que tiene como valor 6371 km).

Para la selección de la muestra, se asignó un número de orden a los elementos de cada estrato y usando la función “ALEATORIO.ENTRE” de Excel 2013 se eligieron los elementos de la muestra.

- Preparación de los Datos para el Análisis: Para facilitar el análisis se organizaron 3 matrices de datos: data de la población de estudio (Ver Anexo 2) donde se muestra por fecha y por turno la cantidad de pasajeros transportados y la distancia de recorrida, distancia entre locaciones (Ver Anexo 1) y los parámetros de ruteo de la muestra de 55 turnos (Ver Anexo 3)

4.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Para la elaboración del modelo de programación lineal se utilizó AMPL versión 3.5 y para la resolución del modelo se utilizó Gurobi 8.1.

Para el procesamiento y análisis de datos se usó la herramienta “Análisis de Datos” de Excel 2013.

Capítulo 5. Análisis e Interpretación de los Resultados

5.1 Formulación del Modelo

5.1.1 Conjuntos

Son los siguientes:

- N : Conjunto de locaciones o nodos $\{1, \dots, n\}$, donde n es el número de locaciones que se deben atender.
- V : Conjunto de Roundtrips $\{1, \dots, r\}$, donde r es el número de Roundtrips a utilizar para cubrir la demanda.
- M : Conjunto de modelos de helicóptero $\{1, 2\}$
- K : Conjunto de commodities $\{1, \dots, k\}$, donde k es la cantidad de commodities.
- P : Conjunto de aterrizajes $\{1, \dots, p\}$, donde p es el máximo número de aterrizajes permitidos en un roundtrip.

Los commodities representan la demanda de pasajeros en forma resumida. El objetivo de trabajar la demanda a través de commodities fue reducir el número de variables del modelo.

5.1.2 Parámetros

Son los siguientes:

- $dista_{ij}$: Distancia (Km) entre locaciones, $i \in N, j \in N$
- $type_r$: Atributo de un roundtrip r que indica el tipo de helicóptero asignado para su ejecución, $r \in V$

- $avail_{i,k}$: Número de unidades de un tipo de Commodity disponibles en una locación, $i \in N, k \in K$
- $mingreso_i$: Mínimo número de ingresos a cada nodo, $i \in N$

Los siguientes parámetros están relacionados con las características técnicas y estructura de costos de cada modelo de helicóptero “m”, donde $m \in M$:

- $veloc_m$: Velocidad promedio en vuelo de pasajeros.
- $aero_m$: Número de aeronaves disponibles.
- $ubic_m$: Índice del primer roundtrip asignado a un modelo de helicóptero
- $vcap_m$: Capacidad de transporte de pasajeros.
- vop_m : Ventana operativa disponible.
- $engstart_m$: Tiempo promedio en tierra para despegar.
- $engshdw_m$: Tiempo promedio en tierra para apagar.
- $ttdepot_m$: Tiempo promedio en tierra en el campamento base para continuar con el siguiente roundtrip.
- $ttnode_m$: Tiempo promedio en tierra en Locación para continuar con el vuelo.
- $engstartc_m$: Tiempo que se factura del tiempo promedio en tierra para despegar.
- $engshdwc_m$: Tiempo que se factura del tiempo promedio en tierra para apagar.
- $ttcdepot_m$: Tiempo que se factura del tiempo promedio en tierra en el campamento base para continuar con el siguiente roundtrip.
- $ttcnode_m$: Tiempo que se factura del tiempo promedio en tierra en Locación para continuar con el vuelo.
- $flirange_m$: Máximo tiempo en aire permitido en todos los Roundtrips.

- $costhr_m$: Costo de la hora de vuelo que se factura.

5.1.3 Variables de decisión

Son 4:

- z_{vijl} : Variable binaria que toma el valor de 1 si en el roundtrip v el helicóptero viaja desde la locación i , en la parada $l-1$, hacia la locación j en la parada l .
- $pickup_{vikl}$: Número de unidades del Commodity k recogidas en el roundtrip v , en la locación i , en la parada l .
- $delivr_{vikl}$: Número de unidades del commodity k entregadas en el roundtrip v , en la locación i , en la parada l .
- x_{vijkl} : Número de unidades del commodity k que son transportados en el roundtrip v desde la locación i en la parada $l-1$ hasta la locación j en la parada l .

Para efectos prácticos se definieron 3 variables de decisión adicionales con base en las 4 principales:

- $vhft_v$: Tiempo en aire en el roundtrip v .
- $vh tt_v$: Tiempo en tierra en el roundtrip v .
- $vh ttc_v$: Tiempo en tierra computable en el roundtrip v .

5.1.4 Definición de un commodity

El primer paso es calcular la cantidad de pasajeros que se requieren movilizar de un origen a un destino determinado, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 4
Cantidad de Pasajeros por Par Origen-Destino único

N°	Origen	Destino	Cantidad
1	Malvinas	Cash 3	1
2	Malvinas	Cash 1	1
3	Malvinas	SM 1	2
4	SM km 20	Mipaya	5
5	Mipaya	Malvinas	9
6	Mipaya km 24+700	Malvinas	4
7	Cash 3	Malvinas	1
8	Cash 3	Cash 1	4
9	Cash 1	Malvinas	5
10	Cash Km 39	Malvinas	5
11	SM 3	Malvinas	7
12	SM 3	SM 1	8
13	SM 1	Malvinas	1
14	Cash km 7	Cash km 19 Lado A	2
15	Cash km 19 Lado A	Malvinas	13
16	Cash 2	Cash 1	6

Fuente: Elaboración Propia

Cada fila del cuadro representa un par origen-destino único. Las locaciones que se repiten más veces en los pares son aquellas que suministran o demandan pasajeros de la mayor cantidad de nodos posibles. Esto se aprecia mejor en el siguiente cuadro:

Tabla 5
N° de Nodos que demandan o suministran pasajeros, por locación

Locaciones	ParNod Out	ParNod In
Malvinas	3	8
SM km 20	1	0
Mipaya	1	1
Mipaya km 24+700	1	0
Cash 3	2	1
Cash 1	1	3
Cash Km 39	1	0
SM 3	2	0
SM 1	1	2
Cash km 7	1	0
Cash km 19 Lado A	1	1
Cash 2	1	0

Fuente: Elaboración Propia

Por ejemplo, Cash 3 suministra pasajeros a 2 locaciones distintas y a su vez demanda pasajeros de 1 locación. De todas las locaciones, Malvinas registra la mayor cantidad de pares asociados, de los cuales 8 son de ingreso, es decir Malvinas es la locación que demanda pasajeros de más locaciones distintas que cualquier otra, en la que se involucran un total de 45 pasajeros que provienen de: Mipaya (9), Mipaya km 24+700 (4), Cash 3 (1), Cash 1 (5), Cash Km 39 (5), SM 3 (7), SM 1 (1) y Cash km 19. La información anterior se puede mostrar de la siguiente manera:

Tabla 6
Estructura de un Commodity

Locación	1
Malvinas	-45
SM km 20	0
Mipaya	9
Mipaya km 24+700	4
Cash 3	1
Cash 1	5
Cash Km 39	5
SM 3	7
SM 1	1
Cash km 7	0
Cash km 19 Lado A	13
Cash 2	0

Fuente: Elaboración Propia

Para representar si la locación demanda o suministra pasajeros se usa el signo negativo y positivo respectivamente. A toda la demanda de pasajeros organizada en el cuadro anterior se le denomina Commodity (o Commodity N° 1). Para obtener los siguientes commodities, se descuenta la demanda del primer Commodity de la demanda inicial y se repite el procedimiento. En el siguiente cuadro se aprecian todos los commodities obtenidos para este ejemplo en particular:

Tabla 7
Ejemplo de un Resumen de Commodities

Locación	Commodity					
	1	2	3	4	5	6
Malvinas	-45	4	0	0	0	0
SM km 20	0	0	0	5	0	0
Mipaya	9	0	0	-5	0	0
Mipaya km 24+700	4	0	0	0	0	0
Cash 3	1	-1	4	0	0	0
Cash 1	5	-1	-10	0	0	0
Cash Km 39	5	0	0	0	0	0
SM 3	7	0	0	0	8	0
SM 1	1	-2	0	0	-8	0
Cash km 7	0	0	0	0	0	2
Cash km 19 Lado A	13	0	0	0	0	-2
Cash 2	0	0	6	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Representar la demanda de esta forma es mucho más práctico que tener un cuadro de doble entrada con locaciones en vez de commodities ya que reduce la cantidad de variables asociadas.

Se elaboró un algoritmo en Visual Basic para Excel con la finalidad de obtener el Resumen de Commodities. A continuación, se muestran los diagramas de flujo para la elaboración del algoritmo:

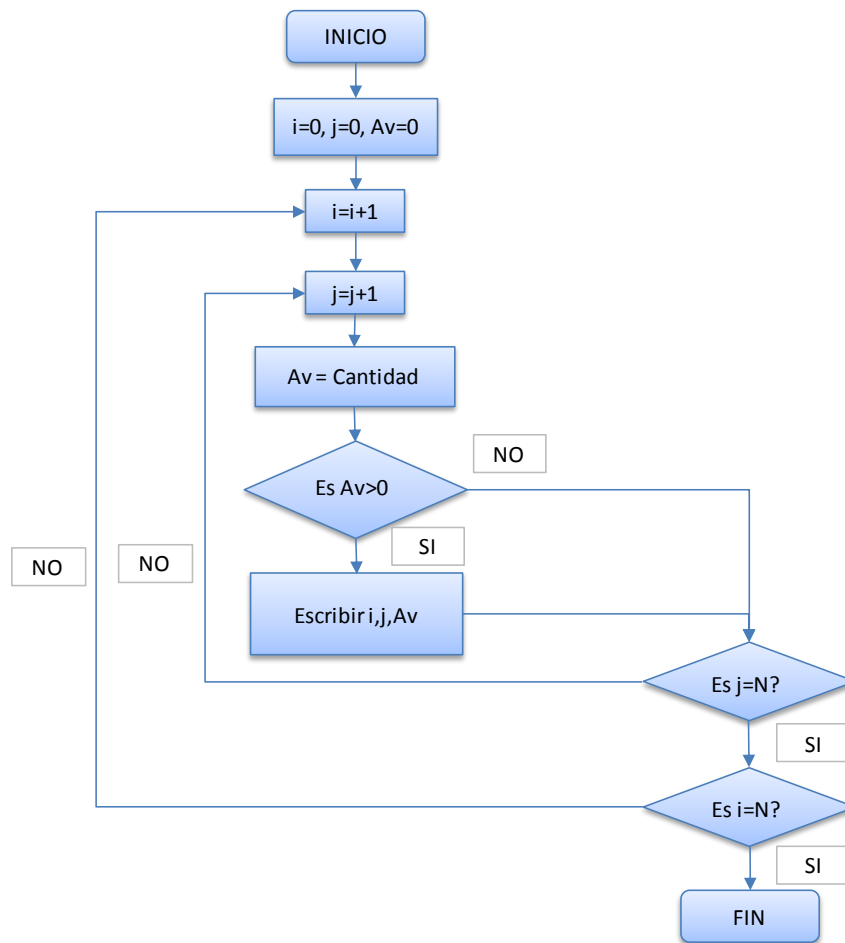


Figura 10. Diagrama de Flujo para Clasificar los Requerimientos de Transporte (Elaboración Propia)

En el diagrama de flujo para calcular la cantidad de pasajeros por par origen-destino único, “N” representa el número de locaciones involucradas (incluyendo al depósito). La variable “Av” representa el número de requerimientos de transporte con origen “i” y destino “j”.

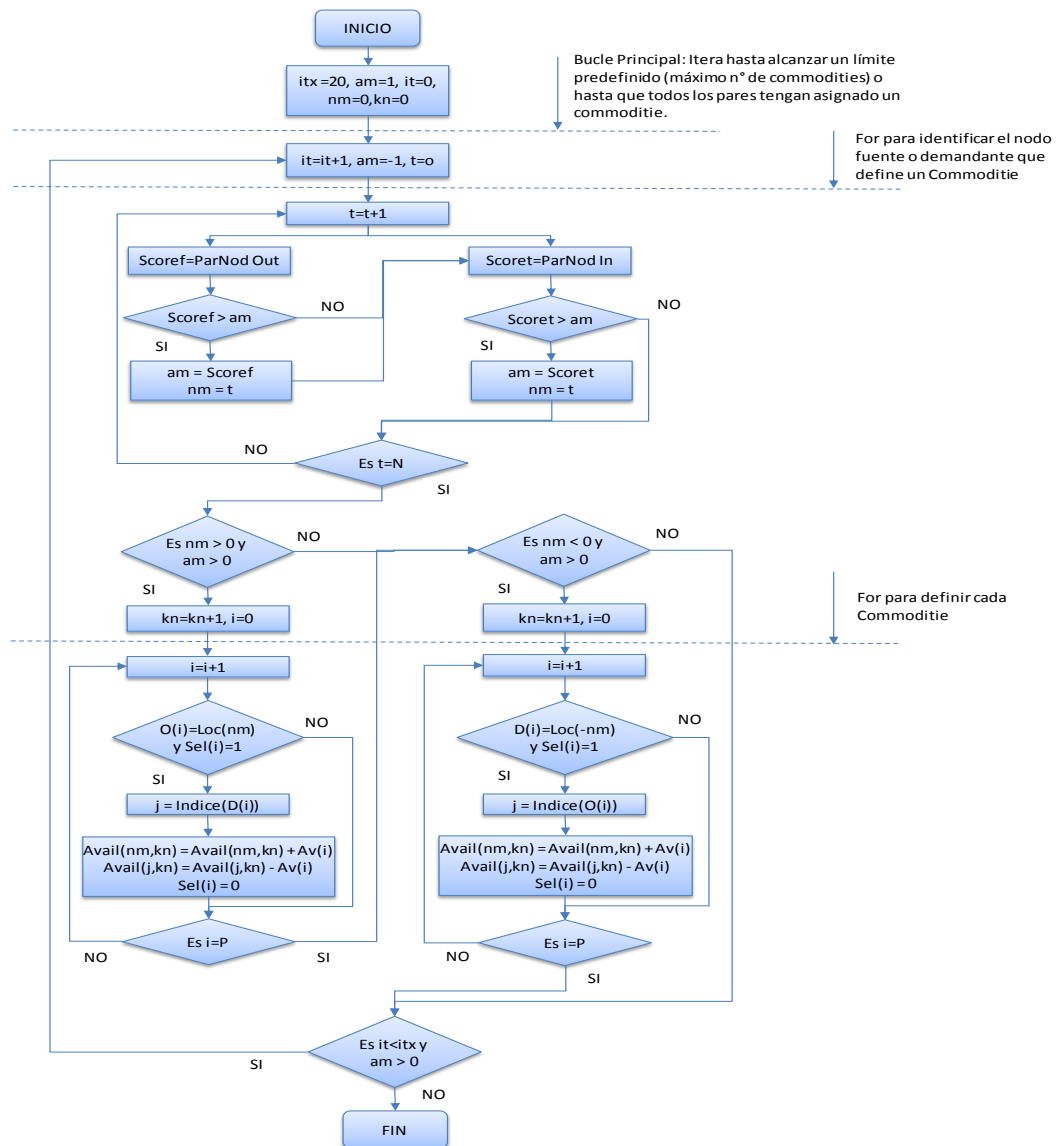


Figura 11. Diagrama de Flujo para obtener los Commodities (Elaboración propia)

En la práctica es poco común que la demanda se interprete en más de 8 commodities, es por ello que se define un límite bastante holgado de 20 commodities (iterx). La variable “Scoref” almacena el número de pares que tienen como origen al nodo “t” y de igual forma “Scoret” el número de pares que tienen como destino al nodo “t”. Igual que en el procedimiento anterior “N” representa el número de locaciones involucradas (incluyendo al depósito). El índice “i” representa un par de nodos y las funciones O y D devuelven el origen y el destino respectivamente de dicho par. Al inicio del proceso todos los pares pueden ser asignados a un Commodity y una vez que son asignados ya no pueden volver a ser tomados en cuenta en una nueva asignación, para representar esta lógica, al empezar todos los pares toman un valor de 1 y luego 0 cuando ya son asignados; la función “Sel” devuelve este valor. La función “Índice” devuelve la posición de una locación dentro del arreglo de locaciones involucradas. Finalmente, P representa el total de pares.

5.1.5 Ecuaciones del modelo de enrutamiento

Función Objetivo:

$$\sum_{\forall v \in V} (vhft_v + vhttc_v) \cdot \left(\frac{1}{60}\right) \cdot costhr_{type_v}$$

Definición de la variable auxiliar tiempo en tierra computable en cada roundtrip:

$$\begin{aligned} vhttc_v = & \sum_{i \in N: i \neq j} \sum_{j \in N: j=1} \sum_{p \in P: p>1} z_{vijp} \cdot ttcdepot_{type_v} \\ & + \sum_{i \in N: i \neq j} \sum_{j \in N: j \neq 1} \sum_{p \in P} z_{vijp} \cdot ttcnode_{type_v}; \forall v \in V \end{aligned}$$

Definición de la variable auxiliar tiempo en tierra en cada roundtrip:

$$vhtt_v = \sum_{i \in N: i \neq j} \sum_{j \in N: j=1} \sum_{p \in P: p>1} z_{vijp} \cdot tdepot_{type_v} \\ + \sum_{i \in N: i \neq j} \sum_{j \in N: j \neq 1} \sum_{p \in P} z_{vijp} \cdot ttnode_{type_v}; \forall v \in V$$

Definición de la variable auxiliar tiempo en aire en cada roundtrip:

$$vhft_v = \sum_{i \in N: i \neq j} \sum_{j \in N} \sum_{p \in P} z_{vijp} \cdot dista_{ij} \cdot (1/veloc_{type_v}); \forall v \in V$$

Restricción de la Ventana Operativa:

$$\sum_{v \in V: type_v=m} (vhft_v + vhtt_v) \\ \leq vop_m + aero_m \cdot (tdepot_m - engstart_m - engshdw_m); \forall m \in M$$

Un roundtrip no puede empezar en una locación diferente de Malvinas:

$$z_{vijp} = 0; \forall v \in V, \forall i, j \in N: i \neq 1, \forall p \in P: p = 1$$

El primer aterrizaje de un helicóptero en un roundtrip debe darse en una ruta que tiene su origen en Malvinas:

$$z_{vijp} = 0; \forall v \in V, \forall i, j \in N: i = 1, \forall p \in P: p > 1$$

Un roundtrip debe iniciar y terminar en Malvinas:

$$\sum_{i \in N: i=1} \sum_{j \in N: j \neq i} \sum_{p \in P: p=1} z_{vijp} = \sum_{i \in N: i \neq j} \sum_{j \in N: j=1} \sum_{p \in P: p>1} z_{vijp}; \quad \forall v \in V$$

Un helicóptero no puede ir a la misma locación de donde vino en ningún aterrizaje:

$$z_{vijp} = 0; \quad \forall v \in V, \forall i, j \in N: i = j, \forall p \in P$$

Toda vez que un helicóptero ingrese a una locación debe salir de la misma:

$$\sum_{i \in N: i \neq t} z_{vitl} = \sum_{j \in N: j \neq t} z_{vtj(l+1)}; \quad \forall v \in V, \forall t \in N: t \neq 1, \forall l \in P: l < p$$

En todo roundtrip un helicóptero solo puede tener una salida de Malvinas:

$$\sum_{i \in N: i=1} \sum_{j \in N: j \neq i} \sum_{p \in P: p=1} z_{vijp} \leq 1; \quad \forall v \in V$$

Autonomía de vuelo de un helicóptero:

$$vhft_v \leq flirange_{type_v}; \quad \forall v \in V$$

El primer aterrizaje de un helicóptero en todo roundtrip siempre debe tener su origen en Malvinas, de lo contrario no puede existir flujo de commodities:

$$x_{vijkp} = 0; \quad \forall v \in V, \forall i \in N: i \neq 1, \forall j \in N, \forall k \in K, \forall p \in P: p = 1$$

$$x_{vijkp} = 0; \quad \forall v \in V, \forall i \in N: i = 1, \forall j \in N: j \neq i, \forall k \in K, \forall p \in P: p > 1$$

Como el primer aterrizaje de un helicóptero no puede ocurrir en Malvinas, tampoco puede existir entrega de commodities:

$$delivr_{vikp} = 0; \forall v \in V, \forall i \in N: i = 1, \forall k \in K, \forall p \in P: p = 1$$

No se pueden embarcar commodities en Malvinas ya que al llegar aquí se completa el roundtrip. En cualquier caso, el embarque en Malvinas representa el inicio de un nuevo roundtrip (aterrizaje 0).

$$pickup_{vikp} = 0; \forall v \in V, \forall i \in N: i = 1, \forall k \in K, \forall p \in P$$

$$pickup_{vikl} = 0; \forall v \in V, \forall i \in N, \forall k \in K, \forall l \in P: l = p$$

El helicóptero no puede transportar commodities a la misma locación en el siguiente aterrizaje:

$$x_{vijkp} = 0; \forall v \in V, \forall i, j \in N: i = j, \forall k \in K, \forall p \in P$$

No se puede entregar el Commodity k a una locación que no lo demanda:

$$delivr_{vikp} = 0; \forall v \in V, \forall i \in N, \forall k \in K: avail_{ik} \geq 0, \forall p \in P$$

$$\sum_{\forall v \in V} \sum_{\forall p \in P} delivr_{vtpk} = 0; \forall t \in N: t \neq 1, \forall k \in K: avail_{tk} \geq 0, \forall p \in P$$

No se puede embarcar el Commodity k en una locación que no lo distribuye:

$$pickup_{vikp} = 0; \forall v \in V, \forall i \in N, \forall k \in K: avail_{ik} \leq 0, \forall p \in P$$

$$\sum_{\forall v \in V} \sum_{\forall p \in P} pickup_{vtp} = 0; \forall t \in N, \forall k \in K: avail_{tk} < 0$$

Equilibrio de flujo de commodities en una locación; para todo roundtrip. Entrega Neta
= Salida Neta:

$$\sum_{\forall i \in N: i \neq t} x_{vitkl} + pickup_{vtp} = \sum_{\forall j \in N: j \neq t} x_{vtjk(l+1)} + deliver_{vtp}; \forall v \in V, \forall t \in N, \forall k \in K, \forall l$$

$$\in P: l < p$$

En el último aterrizaje de un helicóptero el flujo de ingreso y la cantidad de unidades demandadas (por la locación donde se aterriza) de un Commodity deben ser iguales:

$$\sum_{\forall i \in N: i \neq t} x_{vitkl} = deliver_{vtp}; \forall v \in V, \forall t \in N, \forall k \in K, \forall l \in P: l = p$$

El número de unidades de un Commodity que pueden ser distribuidas por una locación deben ser embarcadas en su totalidad por la flota de helicópteros:

$$\sum_{\forall v \in V} \sum_{\forall l \in P: l < p} pickup_{vtp} = avail_{tk}; \forall t \in N: t \neq 1, \forall k \in K: avail_{tk} \geq 0$$

El número de unidades de un Commodity que demanda una locación deben ser entregadas en su totalidad por la flota de helicópteros:

$$\sum_{\forall v \in V} \sum_{\forall l \in P} deliver_{vtp} = (avail_{tk}).(-1); \forall t \in N, \forall k \in K: avail_{tk} < 0$$

Para todo Commodity, todo el flujo de salida de Malvinas (en todos los RoundTrip) debe ser igual al número de unidades del Commodity que se puede distribuir de Malvinas:

$$\sum_{\forall v \in V} \sum_{\forall i \in N: i=1} \sum_{\forall j \in N: i \neq j} \sum_{\forall p \in P: p=1} x_{vijkl} = avail_{1k}; \forall k \in K: avail_{1k} > 0$$

Si existe flujo de commodities a lo largo de un tramo entonces dicho tramo debe existir. Además, dicho flujo debe ser menor o igual a la capacidad del helicóptero:

$$\sum_{\forall k \in K} x_{vijkl} \leq z_{vijl} \cdot vcap_{type_v}; \forall v \in V, \forall i, j \in N: i \neq j, \forall l \in P$$

Para cada modelo de helicóptero, se debe usar primero el roundtrip “v-1” antes que el roundtrip “v”.

$$\sum_{\forall i \in N: i=1} \sum_{\forall j \in N: j \neq i} \sum_{\forall p \in P: p=1} z_{(v-1)ijp} - z_{vijp} \geq 0; \forall m \in M, \forall v \in V: v > ubic_m \wedge type_v = m$$

Mínimo número de ingresos por locación:

$$\sum_{\forall v \in V} \sum_{\forall i \in N} \sum_{\forall p \in P} z_{vitp} \geq mingreso_t; \forall t \in N$$

5.2 Presentación de Resultados

Los resultados de la aplicación del modelo de enrutamiento de vehículo en cada elemento de la muestra de 55 turnos se organizaron en 3 partes: la primera muestra la cantidad de aterrizajes y arranques por cada flota tanto en el depósito como en locación (Ver

Anexo 4), la segunda la medición de las variables de interés antes y después de aplicar el modelo matemático (Ver Anexo 5) y la tercera los planes de vuelo del modelo de enrutamiento (Ver Anexo 6). Los totales, la media y la desviación estándar de la medición del costo de transporte, distancia recorrida en km, tiempo de vuelo (RIM) y combustible consumido por cada estrato de la muestra, antes y después de realizar la simulación con el modelo de enrutamiento, se muestran a continuación:

Tabla 8
Resultados-Costo de Transporte

Día de Semana	Turno	N	n	Totales		Media		Desv. Estándar Muestral	
				Real	Modelo VRP	Real	Modelo VRP	Real	Modelo VRP
Regular	AM	166	22	\$288,962.94	\$264,085.92	\$13,134.68	\$12,003.91	\$5,845.61	\$5,275.39
Regular	PM	194	23	\$221,720.04	\$208,214.84	\$9,640.00	\$9,052.82	\$3,774.95	\$3,456.29
No Regular	AM	47	6	\$21,300.00	\$18,745.39	\$3,550.00	\$3,124.23	\$3,877.40	\$3,152.84
No Regular	PM	50	4	\$22,914.78	\$21,946.65	\$5,728.70	\$5,486.66	\$3,709.93	\$3,683.02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9
Resultados-Distancia Recorrida (Km)

Día de Semana	Turno	N	n	Totales		Media		Desv. Estándar Muestral	
				Real	Modelo VRP	Real	Modelo VRP	Real	Modelo VRP
Regular	AM	166	22	8,079.85	7,383.05	367.27	335.59	109.14	97.47
Regular	PM	194	23	6,867.28	6,421.53	298.58	279.20	117.89	106.26
No Regular	AM	47	6	737.27	652.62	122.88	108.77	123.57	101.32
No Regular	PM	50	4	653.49	619.35	163.37	154.84	77.23	71.15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10
Resultados-RIM

Día de Semana	Turno	N	n	Totales		Media		Desv. Estándar Muestral	
				Real	Modelo VRP	Real	Modelo VRP	Real	Modelo VRP
Regular	AM	166	22	93.94	78.68	4.27	4.01	1.42	1.32
Regular	PM	194	23	71.43	61.46	3.11	2.95	1.13	1.05
No Regular	AM	47	6	8.18	7.38	1.36	1.23	1.37	1.13
No Regular	PM	50	4	7.16	5.51	1.79	1.72	0.85	0.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11
Resultados-Combustible Consumido

Día de Semana	Turno	N	n	Totales		Media		Desv. Estándar Muestral	
				Real	Modelo VRP	Real	Modelo VRP	Real	Modelo VRP
Regular	AM	166	22	9,064.22	8,394.81	412.01	381.58	194.20	176.15
Regular	PM	194	23	6,721.86	6,371.89	292.25	277.04	116.90	108.15
No Regular	AM	47	6	690.59	623.11	115.10	103.85	115.49	95.72
No Regular	PM	50	4	739.65	714.56	184.91	178.64	126.43	126.11

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenida la media muestral por cada estrato, se calculó el estimador puntual de la media poblacional por turno de la medición de cada variable, antes y posterior a la simulación en AMPL. De acuerdo con Anderson, Sweeney y Williams (2008), el estimador puntual se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\bar{x}_{st} = \sum_{h=1}^H \left(\frac{N_h}{N} \right) \bar{x}_h$$

“H” representa la cantidad de estratos, \bar{x}_h es la media muestral de cada estrato, N_h es la cantidad de elementos de cada estrato y N es la cantidad de elementos de la población (457 turnos).

Con esta información se procede a calcular el ahorro esperado por turno y el ahorro absoluto y porcentual esperado en todo el periodo contable del 2018. En el siguiente cuadro se muestran los resultados:

Tabla 12
Ahorro Esperado- Por Turno, Total Absoluto y Relativo del Año Contable 2018

Variable	Costo	Distancia (Km)	RIM	Combustible (Galones JP1)
Estimador Media Poblacional Real por Turno	\$9,855.15	290.67	3.21	305.79
Estimador Media Poblacional AMPL por Turno	\$9,124.87	268.55	3.02	286.44
Ahorro Esperado por Turno	\$730.27	22.12	0.18	19.35
Ahorro Esperado 2018	\$333,734.47	10107.41	83.39	8845.01
Total Real 2018	\$4,868,417.47	136078.68	1563.73	157105.48
Ahorro % Esperado 2018	6.9%	7.4%	5.3%	5.6%

Nota: El ahorro % esperado del indicador \$/pasajero (costo por pasajero transportado) es igual a la reducción esperada del costo de transporte aéreo anual.

Fuente: Elaboración Propia

Para el tiempo de procesamiento que necesitó el modelo matemático para una ruta mejorada, los resultados (en segundos) fueron los siguientes:

Tabla 13
Resultados-Tiempo de Procesamiento (en segundos)

Día de Semana	Turno	N	n	Media	Desv. Estándar Muestral
Regular	AM	166	22	506.46	497.26
Regular	PM	194	23	195.84	292.66
No Regular	AM	47	6	87.90	214.62
No Regular	PM	50	4	13.33	26.45

Fuente: Elaboración Propia

El estimador de la media poblacional del tiempo de procesamiento por turno se puede calcular con la misma fórmula que se usó líneas arriba para el costo de transporte, distancia, RIM y combustible. También se puede calcular un intervalo de confianza para este parámetro con base en el error estándar de la media. Según Anderson, Sweeney y Williams (2008) la fórmula para calcular el error estándar de la media cuando la población está estratificada es la siguiente:

$$s_{\bar{x}_{st}} = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^H N_h(N_h - n_h) \frac{s_h^2}{n_h}}$$

En la fórmula, s_h es la desviación estándar muestral de cada estrato y n_h la cantidad de elementos de la muestra de cada estrato. Al tener las estimaciones para un turno se puede

calcular la estimación para todo un día usando las propiedades de la media y desviación estándar de una variable aleatoria. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 14
Media e Intervalo de Confianza para el Tiempo de Procesamiento por Día usando el modelo VRP

Variable	Valor en Segundos
Estimador Media Poblacional del Tiempo de Procesamiento por Día	555.197157
Error Estándar de la Media del Tiempo de Procesamiento por Día	62.4613349
Límite Inferior Intervalo de Confianza de 95% para la media del Tiempo de Procesamiento por Día	430.274487
Límite Superior Intervalo de Confianza de 95% para la media del Tiempo de Procesamiento por Día	680.119827

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Contratación de Hipótesis

En cuanto a la primera hipótesis específica planteada acerca de la reducción del costo de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero en el proyecto Camisea usando un modelo matemático de enrutamiento de vehículo, ésta se acepta al haber obtenido un valor positivo en el cálculo del ahorro esperado (absoluto y porcentual).

Es importante mencionar que en este caso no es necesario realizar una prueba de hipótesis estadística, ya que la diferencia entre el costo de transporte real de cualquier turno y el costo de transporte que se obtiene usando el modelo de enrutamiento de vehículo siempre será significativa dado que se trata de una ruta distinta a la real ejecutada en ese turno.

En relación a la segunda hipótesis específica acerca de la reducción del tiempo que invierte el programador en la elaboración de los programas de vuelo usando un modelo matemático de enrutamiento de vehículo, se realizó una prueba de hipótesis estadística de cola inferior.

Por experiencia se sabe que la media del tiempo de trabajo necesario para elaborar los planes de vuelo de pasajeros de un día es de 40 min, de manera que la hipótesis nula se define como $H_0: u \geq 40$ y la hipótesis alternativa, apoyando la conclusión de la investigación, de la siguiente manera: $H_a: u < 40$

Como no se conoce la desviación estándar poblacional del tiempo para la elaboración de los programas de vuelo, tal y como indica Anderson, Sweeney y Williams (2008), se debe utilizar la siguiente fórmula para el cálculo del estadístico de prueba, el cual se basa en la distribución t-student:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{s / \sqrt{n}}$$

El denominador de la fórmula representa el error estándar de la media muestral para el tiempo de procesamiento por día y \bar{x} es la media muestral. Estos datos se encuentran en la Tabla 14.

Reemplazando estos valores en la fórmula anterior se obtiene el estadístico de prueba:

$$t = \frac{555.197157 - 2400}{62.4613349}$$

$$t = -29.535$$

Con este valor, el área bajo la curva en la cola inferior de la distribución *t-student* es prácticamente 0 y como el nivel de significancia para la prueba estadística es de 5% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de que la media del tiempo de procesamiento por día, usando el modelo de enrutamiento de vehículo, es significativamente menor que la media actual.

5.4 Discusión de Resultados

Los resultados que se obtuvieron al realizar la simulación en 55 turnos del año contable 2018 demuestran que existe una clara relación entre el uso de un modelo matemático de enrutamiento de vehículo y la reducción del costo de transporte aéreo de pasajeros por helicóptero y el tiempo de trabajo para la elaboración de los programas de vuelo. Asimismo, ello corrobora los resultados de las investigaciones donde se ha hecho uso de los modelos matemáticos de programación lineal o algoritmos heurísticos para afrontar el VRP.

Por ejemplo, en la investigación realizada por Menezes et al. (2010), se obtuvo una reducción de 14% en los costos operacionales, esto es 2 veces la reducción esperada del costo en la presente tesis. Ello es entendible dada la envergadura de la operación de Petrobras; que es 25 y 3 veces más grande, en términos de demanda diaria de pasajeros y cantidad de puntos de atención respectivamente, que la operación de transporte aéreo de pasajeros en Camisea; esto sin considerar una posible divergencia en la estructura de costos. Sin embargo, en términos de ahorro en tiempo de vuelo, solo difieren en 3 puntos porcentuales.

En el 25% de los programas de vuelo por turno que devolvió el modelo de enrutamiento de vehículo, se registraron entregas parciales y aún así se redujo la distancia recorrida. Esto ocurrió en los estratos “Regular-AM” y “Regular-PM”. Por consiguiente se reafirma lo indicado por Archetti y Speranza (2008) acerca de la oportunidad de ahorro en distancia recorrida al realizar entregas parciales a los clientes más allá de que sea posible realizarlo en un solo ingreso. Es importante mencionar que esto supera el razonamiento empírico actual para elaborar los programas de vuelo y realza la necesidad de contar con un sistema de soporte de ruteo.

La información del ahorro % esperado en costo, distancia recorrida, tiempo de vuelo y combustible, para el año contable 2018, no debe ser generalizada para años posteriores, dado

que ello depende de la determinación de los parámetros técnicos de las aeronaves y su estructura de costos que podrían variar de un año a otro luego de algún proceso de licitación. Por ejemplo, un incremento de la autonomía de vuelo de una aeronave tendría como consecuencia una reducción en el número de aterrizajes de Malvinas y reduciría aún más la distancia de recorrido y por lo tanto el costo de transporte. Lo mismo sucede si se incrementa la capacidad de la aeronave; en el caso de la aeronave Tipo 2, si se resuelven algunas restricciones relacionadas con la seguridad aérea, podría pasar de volar 19 a 21 pasajeros, lo cual compensaría la importante diferencia que guarda respecto a la aeronave Tipo 1 en cuanto a tarifa y método para computar el tiempo de vuelo que se factura.

Tabla 15
Comparación \$/Pasajero entre Aeronaves Tipo 1 y Tipo 2

Variable	Tipo 1	Tipo 2
Velocidad Media	2.2	1.8
Factor FT a TVC	7%	79%
Capacidad	10	19
Tarifa	2	3
Ratio de Comparación	1	1.56

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 15 se muestra la comparación del \$/Pasajero entre los 2 tipos de aeronaves, con base en la Velocidad Media, el Factor FT a TVC (porcentaje promedio que se factura por encima del *flytime* en cada roundtrip de acuerdo a la estructura de costos de cada aeronave), Capacidad y Tarifa. La conclusión es que volar 1 pasajero con la aeronave Tipo 2 es 56 veces más caro que volarlo con la aeronave Tipo 1, esto explica el por qué el modelo VRP prioriza siempre volar con la aeronave Tipo 1 y solo asigna la aeronave Tipo 2 cuando existe un déficit en la cantidad de horas disponibles. Sin embargo, si los dos modelos de

helicóptero manejaran un factor FT a TVC de 79%, el modelo VRP priorizaría volar con la aeronave Tipo 2 a pesar de tener un costo por hora más caro.

Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusión

Los resultados del estudio permiten concluir que el diseño y aplicación de un modelo matemático de enrutamiento de vehículos optimiza el planeamiento y programación de rutas de transporte aéreo de pasajeros en helicóptero en el Proyecto Camisea. Esta optimización se explica por la reducción del costo de transporte aéreo de pasajeros (6.9%) que se logra a través de la generación de rutas eficientes (7.4%) y que por consiguiente genera un menor consumo de horas de vuelo (5.3%) y combustible jp1 (5.6%), y de igual manera, por la reducción de la media del tiempo de procesamiento necesario para elaborar los programas de vuelo de pasajeros, valor que se espera transite de 40 min a sólo 9.3 min por día.

No se puede dejar de lado la inexorable relación que existe entre la reducción de la distancia recorrida y horas de vuelo y la gestión de la seguridad aérea, impacto medioambiental y gestión del mantenimiento de las aeronaves. Al reducirse las horas de vuelo se reduce el riesgo aéreo por una menor exposición de los pilotos y pasajeros al peligro asociado, se reduce el impacto ambiental por una menor emisión de gases tóxicos al consumir menos combustible y finalmente se reduce la frecuencia de los mantenimientos y todos sus costos asociados (cupos aéreos para ingreso de equipos de mantenimiento al proyecto y costos de alimentación y habitabilidad para el personal que ingresa).

Al reducirse las horas de trabajo empleadas para la elaboración de los programas de vuelo de pasajeros se puede ganar mayor flexibilidad en la atención de solicitudes fuera de los límites horarios establecidos. Es usual que actualmente se realicen solicitudes adicionales después de las 4 pm (hora de cierre de Check in) hasta minutos antes de la hora de salida del personal de planeamiento. Con los métodos actuales, incluir esta demanda resulta un proceso bastante laborioso e incluso costoso al asumir horas extras del personal. Claro está, que la causa raíz de la generación de estas solicitudes es la mala programación de trabajos de las

diferentes áreas usuarias y que el esfuerzo debe centrarse en ese punto, sin embargo, existen solicitudes que nacen a partir de la atención de contingencias en los clústeres y que naturalmente son de difícil control.

Como se describe a lo largo del desarrollo de la tesis, el problema de enrutamiento de vehículo tiene numerosas variantes y todas pueden ser expresadas en modelos matemáticos de programación lineal o no lineal y resolverse usando estrategias que combinen métodos exactos y aproximados con el objetivo de acelerar el tiempo para alcanzar una solución factible. Sin embargo, en la práctica son pocos los escenarios que se adaptan perfectamente a estos modelos estándar, de manera que se hace necesario agregar restricciones complementarias para que el modelo imite, al mayor grado posible, la realidad del caso de estudio (transporte aéreo de pasajeros por helicóptero). También resultó de vital importancia definir adecuadamente las variables para reducir el tamaño del modelo matemático y para ello se organizó la demanda por commodities.

6.2 Recomendaciones

El modelo propuesto en la presente tesis trabaja con la demanda que ya ha sido definida por turno y por día, sin embargo, considero que existe una potencial oportunidad de mejora en la planificación de la demanda entregada. En la actualidad, una vez recibida la demanda para una determinada semana, se trabajan propuestas que implican cambios de turno para reducir la cantidad de vuelos que se realizan por la mañana o por la tarde y consolidación de pasajeros para reducir la frecuencia de ingreso a una misma locación en el transcurso de la semana. Estos criterios, aunque dan buenos resultados, no dejan de ser empíricos. De manera que, definiendo las variables y restricciones adecuadas, se podría elaborar un modelo que tenga la capacidad de sugerir cómo debe ser organizada la demanda en los 4 días habilitados para realizar transporte de pasajeros, claro está, sin afectar la programación de trabajos de los usuarios del servicio logístico.

En la actualidad se cuenta con un modelo piloto basado en heurística de ahorros para realizar el ruteo del servicio de carga externa y que es usado para elaborar el dimensionamiento de las horas requeridas para una determinada semana. Aún no se ha probado como soporte en la elaboración de la programación diaria de carga, sin embargo, una vez completo, se podría integrar con el modelo de enrutamiento para pasajeros diseñando un algoritmo que aproveche los tramos vacíos para ejecutar los servicios de carga, o bien, elaborar una heurística de ahorros que contemple ambos servicios.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdul Ghani, N. E., Radiah Shariff, S., & Meriam Zahari, S. (2016). An Alternative Algorithm for Vehicle Routing Problem with Time Windows for Daily Deliveries. En *Advances in Pure Mathematics* (págs. 342-350). Scientific Research.
- Acuña, Y., Zumarán, R., & Coronado, C. (2012). Elaboración de un sistema de optimización para el ruteo de vehículos en la distribución de papapan fortificado del Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA) basado en un modelo de optimización de grafos y heurística de ahorros. *Congreso Latino-Iberoamericano de Investigacion Operativa*, (págs. 2496-2503). Rio de Janeiro.
- Ahmia, I., & Skoudarli, A. (2017). The Traveling Salesman Problem: An Overview of Applications,. *Cahiers de Recherche Opérationnelle et Mathématiques de la Décision*, 10.
- Ai, J., & Kachitvichyanukul, V. (Febrero de 2009). Particle swarm optimization and two solution representations for solving the capacitated vehicle routing problem. (M. Dessouky, Ed.) *Computers & Industrial Engineering*, 56(1), 380-387.
- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2008). *Estadística para administración y economía* (10 ed.). (S. Cervantes, Ed.) Mexico D.F: CENGAGE Learning.
- Archetti, C., & Speranza, M. (2008). The Split Delivery Vehicle Routing Problem: A Survey. En B. Golden, S. Raghavan, & E. Wasil (Edits.), *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges* (págs. 103-122). Springer.
- Archetti, C., Savelsbergh, M., & Speranza, G. (2006). Worst-Case Analysis for Split Delivery Vehicle Routing Problems. *Transportation Science*, 40(2), 226-234.

- Baker, B., & Ayechev, M. (2003). A genetic algorithm for the vehicle routing problem. En F. Saldanha da Gama, *Computers & Operations Research* (Vol. 30, págs. 787-800). Elsevier Ltd.
- Baldacci, R., Battarra, M., & Vigo, D. (2008). Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles. En B. Golden, S. Raghavan, & E. Wasil (Edits.), *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges* (págs. 3-27). Springer.
- Blasgen, R. (25 de Junio de 2011). *Financial Times*. Obtenido de <https://www.ft.com/content/eb1cf8ca-2749-11e0-80d7-00144feab49a>
- Blasgen, R. (28 de Junio de 2013). *American Association of Port Authorities*. Obtenido de <http://aapa.files.cms-plus.com/SeminarPresentations/2013Seminars/13MEDC/Blasgen%2C%20Rick.pdf>
- BP p.l.c. (2018). *BP Statistical Review of World Energy*. Londres: BP p.l.c. Obtenido de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
- Brandao, J. (1 de Setiembre de 2006). A new tabu search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls. (E. Borgonovo, R. Dyson, J. Oliveira, S. Rebennack, Teunter, & R, Edits.) *European Journal of Operational Research*, 173(2), 540-555.
- Campbel, D., & Stanley, J. (2012). *Diseños Experimentales y Cuasiexperimentales en la Investigacion Social*. Buenos Aires: Amorrortu Editores España.
- Clarke, G., & Wright, W. (01 de Agosto de 1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research*, 12(4), 519-643.
- Dantzig, G., & Ramser, J. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 80-91.

- Dror, M., & Trudeau, P. (1990). Split delivery routing. (M. Hu, Ed.) *Naval Research Logistics*, 37(3), 383-402.
- Eberhart, R., & Kennedy, J. (1995). A new optimizer using particle swarm theory. *Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science* (págs. 39-43). Nagoya, Japan: IEEE.
- Glover, F., & Laguna, M. (1998). Tabu Search. En D.-Z. Du, & P. Pardalos (Edits.), *Handbook of Combinatorial Optimization* (Vol. 3, págs. 2093-2229). Boston: Springer.
- Golden, B. (1975). *Vehicle Routing Problems: Formulations and Heuristic Solution Techniques*. Massachusetts: National Technical Information Service.
- Gulczynski, D., Golden, B., & Wasil, E. (Septiembre de 2010). The split delivery vehicle routing problem with minimum delivery amounts. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(5), 612-626.
- Gurobi Optimization. (s.f.). Obtenido de Gurobi Web Site:
<https://www.gurobi.com/es/resource/mip-basics/>
- Harvar Business School Review. (1 de Junio de 2018). *egyptoil-gas*. Obtenido de
<http://egyptoil-gas.com/features/critical-supply-chain-and-procurement-strategies-in-the-era-of-low-oil-prices/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGrawHill.
- Holland, J. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence*. Cambridge: MIT Press.

- Kirkpatrick, S., Gelatt, C., & Vecchi, M. (13 de Mayo de 1983). Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220(4598), 671-680.
- Klee, V., & Minty, G. (1972). How Good Is the Simplex Algorithm? En *Inequalities*. New York: Academic Press.
- Maguiña, L. (2016). *Implantación de VRP-Solver aplicando la heurística de Clarke & Wright para el ruteo del transporte terrestre en el área de distribución caso de estudio: industrias alimentarias (tesis de pregrado)*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Menezes, F., Porto, O., Reis, M., Moreno, L., Poggi de Aragão, M., Uchoa, E., . . . Carvalho, N. (2010). Optimizing Helicopter Transport of Oil Rig Crews at Petrobras. *Interfaces*, 408-416.
- Mu, D., Wang, C., Zhao, F., & Sutherland, J. (2016). Solving vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery using parallel simulated annealing algorithm. (Y. Venus, Ed.) *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 8(1), 81-106.
- Norwegian University of Science and Technology. (s.f.). *MILP algorithms: branch-and-bound and branch-and-cut*.
- Pachas Yanac, J. (2 de Diciembre de 2013). *janetsofiapachasyanac*. Obtenido de LinkedIn SlideShare Web Site: <https://es.slideshare.net/janetsofiapachasyanac/sesin-1-la-cadena-de-valor-del-gn-y-los-hidrocarburos>
- Pluspetrol. (s.f.). Obtenido de Pluspetrol: www.pluspetrol.net/peru/camisea.php
- Promigas. (2014). *Promigas*. Obtenido de <http://www.promigas.com/Es/Noticias/Documents/Informe-Sector-Gas/2014.pdf>

- Roca, A. R. (Marzo de 2010). *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Obtenido de Sistema Nacional de Información Ambiental:
<https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39211>
- Rocha, L., Gonzáles, E., & Orjueta, J. (2011). Una revisión al estado del arte del problema de ruteo de vehículos: Evolución histórica y métodos de solución. *Ingeniería*, 16(2), 35-55.
- Rojas, J., & Silva, W. (2014). Mejora en el abastecimiento y recolección de materia prima, aplicando heurísticas de Ruteo de Vehículos. *Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014)*. Guayaquil.
- Romero, M., Sheremetov, L., & Soriano, A. (2007). A Genetic Algorithm for the Pickup and Delivery Problem: An Application to the Helicopter Offshore Transportation. En O. Castillo, P. Melin, O. Montiel, R. Sepúlveda, W. Pedrycz, & J. Kacprzyk, *Theoretical advances and applications of fuzzy logic and soft computing. 12th International Fuzzy Systems Association world congress, IFSA 2007, Cancun, Mexico, June 18-21, 2007. Selected papers* (págs. 435-444). Cancun: Springer.
- Rothberg, E. (s.f.). Obtenido de Informs Web Site: <https://www.informs.org/Impact/O.R.-Analytics-Success-Stories/Industry-Profiles/Gurobi-Optimization>
- Ruiz, J. (2018). *DISEÑO DE UN MODELO MULTI OBJETIVO DE VRP PICK-UP AND DELIVERY SIMULTÁNEO (VRPSD) PARA EL APROVISIONAMIENTO DE LA LECHE EN LA CADENA DE SIMUNISTROS DE LÁCTEOS (MAESTRIA)*.
 Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar.
- Taha, H. (2012). *Investigación de Operaciones*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Universidad del Valle. (s.f.). *Campus Virtual*. Obtenido de Universidad del Valle Web Site:

https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/442652/mod_resource/content/2/AMPL.pdf

University of Waterloo. (Junio de 2007). Obtenido de University of Waterloo Web Site:

<http://www.math.uwaterloo.ca/tsp/history/index.html>

Wassan, N., & Nagy, G. (2014). Vehicle Routing Problem with Deliveries and Pickups:

Modelling Issues and Meta-heuristics Solution Approaches. *International Journal of Transportation*, 95-110.

Wright, M. (2011). *Fast Times in Linear Programming: Early Success, Revolutions, and*

Mysteries. New York University, Computer Science Department, Washington.

Obtenido de Web site of the Mathematics Department of the University of

Washington.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE DISTANCIAS ENTRE LOCACIONES (EN KM)

Distancia (en Km)	Cash 1	Cash 3	Cash km 7	Cash km 13	Cash km 39	Kimaro	Malvinas	Mipaya	Mipaya Km 24+700	Nuevo Mundo	Pag A	Pag B	SM 1	SM 3	SM km 20	SM km 3+750	Cash km 19 lado A	Cash km 19 lado B	Pag Km 13 Norte	Pag Km 13 Sur	Cash 2	Mipaya km 3+400	Mipaya km 3+600	Sm Este	Saniri	Segakiato Pueblo	Cash Pueblo	SM km 10 A	CCNN Segakiato	Cashiriari km 43+500	SAGARI AX	SAGARI BX	Cash km 9+600	Coga km 8+400	Cash km 23+500
Cash 1	0.0	9.1	18.5	14.3	5.4	27.0	22.9	57.7	38.0	58.6	25.4	31.2	12.9	10.4	12.3	11.3	10.3	10.2	25.0	25.0	5.2	59.6	59.5	14.5	49.7	16.1	10.7	17.8	16.1	7.9	78.0	83.9	8.3	22.1	19.6
Cash 3	9.1	0.0	27.5	23.3	4.7	21.1	32.0	65.8	45.8	66.2	32.9	39.0	18.9	12.1	20.1	16.1	19.3	19.2	33.2	33.2	14.3	67.6	67.4	10.0	57.4	24.7	19.3	26.6	24.7	1.6	85.9	91.9	17.1	30.8	28.6
Cash km 7	18.5	27.5	0.0	4.5	23.4	43.2	4.8	43.5	26.0	45.7	17.2	20.5	17.7	23.7	12.6	20.0	8.2	8.4	13.8	13.7	13.4	45.7	45.6	31.1	36.8	8.1	10.3	7.3	8.1	26.3	63.5	69.5	10.7	6.4	1.2
Cash km 13	14.3	23.3	4.5	0.0	19.0	40.0	9.3	47.6	29.5	49.6	19.4	23.5	16.2	20.9	11.3	17.8	4.1	4.1	16.7	16.6	9.5	49.8	49.7	27.7	40.7	8.7	8.3	9.0	8.7	22.0	67.8	73.7	6.3	8.1	5.5
Cash km 39	5.4	4.7	23.4	19.0	0.0	25.3	27.9	63.1	43.3	63.9	30.6	36.5	17.4	12.6	17.5	15.2	15.1	14.9	30.4	30.4	10.5	65.0	64.8	13.4	55.0	21.4	16.1	23.2	21.4	3.2	83.3	89.3	12.7	26.3	24.4
Kimaro	27.0	21.1	43.2	40.0	25.3	0.0	46.5	71.4	51.9	70.0	40.1	45.8	27.1	19.5	31.5	23.9	36.1	36.2	42.6	42.6	30.7	72.6	72.4	12.5	62.4	37.1	32.9	39.0	37.1	22.6	90.2	95.9	34.8	48.2	44.4
Malvinas	22.9	32.0	4.8	9.3	27.9	46.5	0.0	39.1	22.4	41.5	15.7	17.6	20.1	27.1	15.2	22.8	12.8	13.1	11.6	11.6	17.7	41.3	41.2	34.8	32.8	9.7	13.7	8.1	9.7	30.8	59.0	64.9	15.5	7.9	4.1
Mipaya	57.7	65.8	43.5	47.6	63.1	71.4	39.1	0.0	20.1	5.8	32.9	26.9	47.4	55.8	45.7	50.7	50.0	50.4	32.7	32.7	52.9	2.4	2.5	63.7	9.0	41.9	47.1	40.3	41.9	65.1	20.2	26.2	52.7	46.0	43.1
Mipaya Km 24+700	38.0	45.8	26.0	29.5	43.3	51.9	22.4	20.1	0.0	20.6	12.8	6.8	27.3	35.7	25.8	30.6	31.1	31.6	13.2	13.3	33.3	21.8	21.6	43.6	11.7	22.5	27.5	21.2	22.5	45.2	40.1	46.1	33.7	30.2	25.9
Nuevo Mundo	58.6	66.2	45.7	49.6	63.9	70.0	41.5	5.8	20.6	0.0	33.3	27.4	47.5	55.5	46.3	50.6	51.6	52.0	33.8	33.8	54.0	4.5	4.2	63.2	9.0	43.1	48.1	41.7	43.1	65.7	20.2	26.0	54.2	48.9	45.4
Pag A	25.4	32.9	17.2	19.4	30.6	40.1	15.7	32.9	12.8	33.3	0.0	6.1	14.5	22.9	13.1	17.8	19.9	20.4	4.3	4.4	21.1	34.7	34.5	31.0	24.5	11.0	15.3	10.4	11.0	32.4	53.0	58.9	22.2	23.0	17.7
Pag B	31.2	39.0	20.5	23.5	36.5	45.8	17.6	26.9	6.8	27.4	6.1	0.0	20.6	29.0	19.0	23.9	24.8	25.3	6.9	6.9	26.6	28.6	28.5	37.0	18.5	16.0	20.8	14.8	16.0	38.4	46.9	52.9	27.3	25.5	20.6
SM 1	12.9	18.9	17.7	16.2	17.4	27.1	20.1	47.4	27.3	47.5	14.5	20.6	0.0	8.5	5.1	3.4	13.5	13.9	15.9	15.9	10.7	49.1	48.9	16.7	38.9	10.4	7.9	12.1	10.4	18.6	67.4	73.3	14.2	23.7	18.9
SM 3	10.4	12.1	23.7	20.9	12.6	19.5	27.1	55.8	35.7	55.5	22.9	29.0	8.5	0.0	12.2	5.1	17.2	17.4	24.4	24.4	12.1	57.4	57.2	8.2	47.1	17.8	13.4	19.7	17.8	12.4	75.6	81.5	16.5	29.0	25.0
SM km 20	12.3	20.1	12.6	11.3	17.5	31.5	15.2	45.7	25.8	46.3	13.1	19.0	5.1	12.2	0.0	7.6	9.3	9.7	13.1	13.1	8.2	47.5	47.4	20.3	37.5	5.6	3.3	7.5	5.6	19.4	65.9	71.8	10.6	18.7	13.8
SM km 3+750	11.3	16.1	20.0	17.8	15.2	23.9	22.8	50.7	30.6	50.6	17.8	23.9	3.4	5.1	7.6	0.0	14.6	14.9	19.3	19.3	10.6	52.4	52.2	13.3	42.1	13.2	9.7	15.1	13.2	15.9	70.6	76.5	14.7	25.7	21.2
Cash km 19 lado A	10.3	19.3	8.2	4.1	15.1	36.1	12.8	50.0	31.1	51.6	19.9	24.8	13.5	17.2	9.3	14.6	0.0	0.5	17.9	17.9	5.5	52.1	52.0	23.8	42.6	8.9	5.9	10.0	8.9	18.1	70.2	76.2	2.7	12.1	9.3
Cash km 19 lado B	10.2	19.2	8.4	4.1	14.9	36.2	13.1	50.4	31.6	52.0	20.4	25.3	13.9	17.4	9.7	14.9	0.5	0.0	18.4	18.4	5.5	52.5	52.4	23.8	43.1	9.4	6.4	10.4	9.4	17.9	70.6	76.6	2.4	12.0	9.5
Pag Km 13 Norte	25.0	33.2	13.8	16.7	30.4	42.6	11.6	32.7	13.2	33.8	4.3	6.9	15.9	24.4	13.1	19.3	17.9	18.4	0.0	0.0	20.2	34.7	34.5	32.6	24.8	9.3	14.4	8.0	9.3	32.5	52.9	58.9	20.5	19.2	14.1
Pag Km 13 Sur	25.0	33.2	13.7	16.6	30.4	42.6	11.6	32.7	13.3	33.8	4.4	6.9	15.9	24.4	13.1	19.3	17.9	18.4	0.0	0.0	20.2	34.7	34.5	32.6	24.9	9.3	14.4	8.0	9.3	32.5	53.0	59.0	20.5	19.2	14.0
Cash 2	5.2	14.3	13.4	9.5	10.5	30.7	17.7	52.9	33.3	54.0	21.1	26.6	10.7	12.1	8.2	10.6	5.5	5.5	20.2	20.2	0.0	54.9	54.7	18.3	45.0	11.0	5.9	12.8	11.0	13.1	73.1	79.1	4.3	17.6	14.5
Mipaya km 3+400	59.6	67.6	45.7	49.8	65.0	72.6	41.3	2.4	21.8	4.5	34.7	28.6	49.1	57.4	47.5	52.4	52.1	52.5	34.7	34.7	54.9	0.0	0.3	65.2	10.3	43.9	49.0	42.3	43.9	67.0	18.3	24.3	54.8	48.3	45.3
Mipaya km 3+600	59.5	67.4	45.6	49.7	64.8	72.4	41.2	2.5	21.6	4.2	34.5	28.5	48.9	57.2	47.4	52.2	52.0	52.4	34.5	34.5	54.7	0.3	0.0	65.0	10.1	43.7	48.9	42.2	43.7	66.8	18.5	24.5	54.6	48.3	45.2
Sm Este	14.5	10.0	31.1	27.7	13.4	12.5	34.8	63.7	43.6	63.2	31.0	37.0	16.7	8.2	20.3	13.3	23.8	23.8	32.6	32.6	18.3	65.2	65.0	0.0	54.9	25.8	21.1	27.8	25.8	11.2	83.3	89.2	22.3	35.8	32.3
Saniri	49.7	57.4	36.8	40.7	55.0	62.4	32.8	9.0	11.7	9.0	24.5	18.5	38.9	47.1	37.5	42.1	42.6	43.1	24.8	24.9	45.0	10.3	10.1	54.9	0.0	34.1	39.2	32.7	34.1	56.9	28.5	34.5	45.2	40.2	36.6
Segakiato Pueblo	16.1	24.7	8.1	8.7	21.4	37.1	9.7	41.9	22.5	43.1	11.0	16.0	10.4	17.8	5.6	13.2	8.9	9.4	9.3	9.3	11.0	43.9	43.7	25.8	34.1	0.0	5.4	2.0	0.0	23.8	62.1	68.1	11.3	14.4	9.1
Cash Pueblo	10.7	19.3	10.3	8.3	16.1	32.9	13.7	47.1	27.5	48.1	15.3	20.8	7.9	13.4	3.3	9.7	5.9	6.4	14.4	14.4	5.9	49.0	48.9	21.1	39.2	5.4	0.0	7.3	5.4	18.4	67.3	73.3	7.4	16.0	11.6
SM km 10 A	17.8	26.6	7.3	9.0	23.2	39.0	8.1	40.3	21.2	41.7	10.4	14.8	12.1	19.7	7.5	15.1	10.0	10.4	8.0	8.0	12.8	42.3	42.2	27.8	32.7	2.0	7.3	0.0	2.0	25.6	60.5	66.5	12.6	13.6	8.2
CCNN Segakiato	16.1	24.7	8.1	8.7	21.4	37.1	9.7	41.9	22.5	43.1	11.0	16.0	10.4	17.8	5.6	13.2	8.9	9.4	9.3	9.3	11.0	43.9	43.7	25.8	34.1	0.0	5.4	2.0	0.0	23.8	62.1	68.1	11.3	14.4	9.1
Cashiriari km 43+500	7.9	1.6	26.3	22.0	3.2	22.6	30.8	65.1	45.2	65.7	32.4	38.4	18.6	12.4	19.4	15.9	18.1	17.9	32.5	32.5	13.1	67.0	66.8	11.2	56.9	23.8	18.4	25.6	23.8	0.0	85.3	91.3	15.7	29.4	27.4
SAGARI AX	78.0	85.9	63.5	67.8	83.3	90.2	59.0	20.2	40.1	20.2	53.0	46.9	67.4	75.6	65.9	70.6	70.2	70.6	52.9	53.0	73.1	18.3	18.5	83.3	28.5	62.1	67.3	60.5	62.1	85.3	0.0	6.0	72.9	65.6	63.0
SAGARI BX	83.9	91.9	69.5	73.7	89.3	95.9	64.9	26.2	46.1	26.0	58.9	52.9	73.3	81.5	71.8	76.5	76.2	76.6	58.9	59.0	79.1	24.3	24.5	89.2	34.5	68.1	73.3	66.5	68.1	91.3	6.0	0.0	78.9	71.5	69.0
Cash km 9+600	8.3	17.1	10.7	6.3	12.7	34.8	15.5	52.7	33.7	54.2	22.2	27.3	14.2	16.5	10.6	14.7	2.7	2.4	20.5	20.5	4.3	54.8	54.6	22.3	45.2	11.3	7.4	12.6	11.3	15.7	72.9	78.9	0.0	13.8	11.8
Coga km 8+400	22.1	30.8	6.4	8.1	26.3	48.2	7.9	46.0	30.2	48.9	23.0	25.5	23.7	29.0	18.7	25.7	12.1	12.0	19.2	19.2	17.6	48.3	48.3	35.8	40.2	14.4	16.0	13.6	14.4	29.4	65.6	71.5	13.8	0.0	5.5
Cash km 23+500	19.6	28.6	1.2	5.5	24.4	44.4	4.1	43.1	25.9	45.4	17.7	20.6	18.9	25.0	13.8	21.2	9.3	9.5	14.1	14.0	14.5	45.3	45.2	32.3	36.6	9.1	11.6	8.2	9.1	27.4	63.0	69.0	11.8	5.5	0.0

ANEXO 2. RESUMEN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

Fecha	Pasajeros Transportados	Distancia Recorrida (en Km)	Turno	Tipo de Día
15/12/2017	119	410.4	AM	REGULAR
15/12/2017	51	258.6	PM	REGULAR
16/12/2017	65	263.1	AM	REGULAR
16/12/2017	52	260.8	PM	REGULAR
19/12/2017	181	591.1	PM	REGULAR
20/12/2017	72	358.6	AM	NO REGULAR
20/12/2017	47	215.9	PM	NO REGULAR
22/12/2017	48	242.3	AM	REGULAR
23/12/2017	46	217.1	AM	REGULAR
23/12/2017	36	183.3	PM	REGULAR
25/12/2017	56	244.8	PM	REGULAR
26/12/2017	60	191.3	PM	REGULAR
27/12/2017	82	304.9	PM	NO REGULAR
28/12/2017	35	71.1	AM	NO REGULAR
29/12/2017	104	398.6	AM	REGULAR
29/12/2017	34	188.3	PM	REGULAR
30/12/2017	44	208.0	AM	REGULAR
30/12/2017	15	130.0	PM	REGULAR
1/01/2018	24	133.7	AM	REGULAR
1/01/2018	33	137.6	PM	REGULAR
2/01/2018	37	137.2	PM	REGULAR
3/01/2018	47	260.9	AM	NO REGULAR
3/01/2018	4	122.2	PM	NO REGULAR
5/01/2018	59	301.7	AM	REGULAR
5/01/2018	14	139.1	PM	REGULAR
6/01/2018	68	287.5	AM	REGULAR
7/01/2018	16	69.5	PM	NO REGULAR
8/01/2018	56	277.1	AM	REGULAR
9/01/2018	76	399.9	AM	REGULAR
9/01/2018	51	264.6	PM	REGULAR
10/01/2018	32	178.8	AM	NO REGULAR
10/01/2018	12	56.8	PM	NO REGULAR
12/01/2018	74	306.0	AM	REGULAR
12/01/2018	43	211.6	PM	REGULAR
13/01/2018	53	212.1	PM	REGULAR
14/01/2018	10	78.1	PM	NO REGULAR
15/01/2018	71	285.7	PM	REGULAR
16/01/2018	89	338.5	AM	REGULAR
16/01/2018	93	371.1	PM	REGULAR
19/01/2018	95	338.4	AM	REGULAR
19/01/2018	63	290.3	PM	REGULAR
20/01/2018	78	361.0	PM	REGULAR
22/01/2018	49	226.1	AM	REGULAR
22/01/2018	39	265.9	PM	REGULAR
23/01/2018	64	250.8	AM	REGULAR
23/01/2018	74	325.9	PM	REGULAR
26/01/2018	81	390.0	AM	REGULAR
26/01/2018	65	334.5	PM	REGULAR
27/01/2018	61	330.7	AM	REGULAR
27/01/2018	41	264.3	PM	REGULAR
29/01/2018	73	329.0	AM	REGULAR
29/01/2018	41	218.7	PM	REGULAR
30/01/2018	105	449.1	PM	REGULAR
31/01/2018	17	151.6	AM	NO REGULAR
31/01/2018	9	64.0	PM	NO REGULAR
2/02/2018	100	402.1	PM	REGULAR

Fecha	Pasajeros Transportados	Distancia Recorrida (en Km)	Turno	Tipo de Día
4/02/2018	21	100.4	PM	NO REGULAR
5/02/2018	101	438.1	AM	REGULAR
5/02/2018	31	130.1	PM	REGULAR
6/02/2018	82	310.3	AM	REGULAR
6/02/2018	50	277.9	PM	REGULAR
9/02/2018	12	45.8	PM	REGULAR
10/02/2018	123	448.4	PM	REGULAR
11/02/2018	33	113.1	PM	NO REGULAR
12/02/2018	59	205.1	PM	REGULAR
13/02/2018	34	131.5	AM	REGULAR
13/02/2018	55	256.0	PM	REGULAR
16/02/2018	127	439.4	AM	REGULAR
18/02/2018	55	138.6	AM	NO REGULAR
18/02/2018	9	41.9	PM	NO REGULAR
20/02/2018	86	394.4	AM	REGULAR
20/02/2018	65	249.1	PM	REGULAR
21/02/2018	69	243.2	AM	NO REGULAR
21/02/2018	43	236.0	PM	NO REGULAR
22/02/2018	34	183.8	PM	NO REGULAR
23/02/2018	116	418.5	AM	REGULAR
23/02/2018	44	279.7	PM	REGULAR
24/02/2018	91	329.5	AM	REGULAR
24/02/2018	55	299.8	PM	REGULAR
26/02/2018	57	300.7	AM	REGULAR
26/02/2018	49	322.3	PM	REGULAR
27/02/2018	49	244.7	AM	REGULAR
27/02/2018	74	329.9	PM	REGULAR
2/03/2018	73	282.1	AM	REGULAR
2/03/2018	40	206.7	PM	REGULAR
3/03/2018	42	210.5	AM	REGULAR
3/03/2018	27	87.0	PM	REGULAR
5/03/2018	70	357.6	PM	REGULAR
6/03/2018	53	284.8	AM	REGULAR
6/03/2018	73	287.4	PM	REGULAR
9/03/2018	71	392.5	AM	REGULAR
9/03/2018	31	231.0	PM	REGULAR
10/03/2018	55	305.8	PM	REGULAR
12/03/2018	76	362.9	AM	REGULAR
12/03/2018	26	172.0	PM	REGULAR
13/03/2018	80	351.2	AM	REGULAR
13/03/2018	61	272.7	PM	REGULAR
16/03/2018	76	299.9	AM	REGULAR
16/03/2018	24	176.0	PM	REGULAR
17/03/2018	45	215.2	AM	REGULAR
17/03/2018	49	261.0	PM	REGULAR
19/03/2018	49	164.5	PM	REGULAR
20/03/2018	78	321.8	AM	REGULAR
20/03/2018	81	405.4	PM	REGULAR
23/03/2018	93	476.0	AM	REGULAR
23/03/2018	39	231.0	PM	REGULAR
24/03/2018	49	254.0	AM	REGULAR
24/03/2018	11	72.6	PM	REGULAR
26/03/2018	62	295.4	AM	REGULAR
26/03/2018	26	122.6	PM	REGULAR
27/03/2018	37	198.9	AM	REGULAR
27/03/2018	67	341.4	PM	REGULAR
30/03/2018	72	332.5	AM	REGULAR

Fecha	Pasajeros Transportado	Distancia Recorrida (en Km)	Turno	Tipo de Día
30/03/2018	37	92.7	PM	REGULAR
31/03/2018	48	233.5	PM	REGULAR
2/04/2018	81	347.3	AM	REGULAR
2/04/2018	53	314.1	PM	REGULAR
3/04/2018	61	261.6	AM	REGULAR
3/04/2018	76	379.9	PM	REGULAR
6/04/2018	53	252.0	PM	REGULAR
7/04/2018	34	146.0	AM	REGULAR
7/04/2018	35	234.3	PM	REGULAR
9/04/2018	38	135.9	AM	REGULAR
10/04/2018	94	344.6	AM	REGULAR
10/04/2018	89	349.5	PM	REGULAR
11/04/2018	17	58.6	AM	NO REGULAR
14/04/2018	81	314.1	AM	REGULAR
14/04/2018	65	336.5	PM	REGULAR
16/04/2018	90	314.3	AM	REGULAR
16/04/2018	66	254.0	PM	REGULAR
17/04/2018	105	390.1	AM	REGULAR
17/04/2018	79	394.7	PM	REGULAR
20/04/2018	86	424.7	AM	REGULAR
20/04/2018	44	307.0	PM	REGULAR
21/04/2018	52	272.3	AM	REGULAR
21/04/2018	39	220.6	PM	REGULAR
23/04/2018	110	453.7	AM	REGULAR
23/04/2018	65	311.1	PM	REGULAR
24/04/2018	36	143.2	AM	REGULAR
24/04/2018	101	443.3	PM	REGULAR
27/04/2018	98	412.8	AM	REGULAR
27/04/2018	22	127.1	PM	REGULAR
28/04/2018	58	239.7	AM	REGULAR
28/04/2018	39	242.0	PM	REGULAR
30/04/2018	138	519.5	AM	REGULAR
30/04/2018	80	333.9	PM	REGULAR
1/05/2018	88	261.3	AM	REGULAR
1/05/2018	57	250.0	PM	REGULAR
4/05/2018	107	491.9	PM	REGULAR
5/05/2018	103	434.9	AM	REGULAR
5/05/2018	68	295.6	PM	REGULAR
6/05/2018	8	23.2	AM	NO REGULAR
6/05/2018	10	69.9	PM	NO REGULAR
7/05/2018	147	578.2	AM	REGULAR
7/05/2018	66	260.5	PM	REGULAR
8/05/2018	84	327.4	AM	REGULAR
8/05/2018	138	462.6	PM	REGULAR
11/05/2018	118	422.1	PM	REGULAR
12/05/2018	59	207.7	AM	REGULAR
12/05/2018	96	344.9	PM	REGULAR
14/05/2018	131	528.2	AM	REGULAR
14/05/2018	95	471.9	PM	REGULAR
15/05/2018	97	412.3	PM	REGULAR
16/05/2018	39	155.8	PM	NO REGULAR
17/05/2018	28	116.0	AM	NO REGULAR
17/05/2018	29	116.0	PM	NO REGULAR
18/05/2018	63	196.4	AM	REGULAR
18/05/2018	121	407.7	PM	REGULAR
19/05/2018	94	275.9	AM	REGULAR
19/05/2018	53	278.3	PM	REGULAR

Fecha	Pasajeros Transportado	Distancia Recorrida (en Km)	Turno	Tipo de Día
20/05/2018	8	23.2	AM	NO REGULAR
20/05/2018	4	23.2	PM	NO REGULAR
21/05/2018	133	620.3	AM	REGULAR
21/05/2018	89	474.2	PM	REGULAR
22/05/2018	131	456.6	AM	REGULAR
22/05/2018	106	500.9	PM	REGULAR
23/05/2018	28	129.7	AM	NO REGULAR
23/05/2018	23	69.5	PM	NO REGULAR
24/05/2018	21	46.3	AM	NO REGULAR
24/05/2018	34	124.1	PM	NO REGULAR
25/05/2018	142	538.1	AM	REGULAR
25/05/2018	90	362.5	PM	REGULAR
26/05/2018	76	291.0	AM	REGULAR
26/05/2018	70	361.1	PM	REGULAR
27/05/2018	20	46.3	AM	NO REGULAR
27/05/2018	10	23.2	PM	NO REGULAR
28/05/2018	103	353.9	AM	REGULAR
28/05/2018	103	390.9	PM	REGULAR
29/05/2018	103	407.8	AM	REGULAR
29/05/2018	50	251.6	PM	REGULAR
30/05/2018	30	148.0	AM	NO REGULAR
30/05/2018	10	23.2	PM	NO REGULAR
31/05/2018	20	92.8	AM	NO REGULAR
31/05/2018	20	92.8	PM	NO REGULAR
1/06/2018	128	548.3	AM	REGULAR
1/06/2018	73	338.2	PM	REGULAR
2/06/2018	96	430.8	AM	REGULAR
2/06/2018	72	368.5	PM	REGULAR
4/06/2018	61	202.3	PM	REGULAR
5/06/2018	171	509.5	AM	REGULAR
5/06/2018	65	315.9	PM	REGULAR
6/06/2018	29	59.3	PM	NO REGULAR
8/06/2018	41	126.2	AM	REGULAR
8/06/2018	123	425.6	PM	REGULAR
9/06/2018	17	31.9	AM	REGULAR
9/06/2018	105	442.6	PM	REGULAR
10/06/2018	25	39.4	AM	NO REGULAR
10/06/2018	29	79.3	PM	NO REGULAR
11/06/2018	132	499.9	AM	REGULAR
11/06/2018	8	25.7	PM	REGULAR
12/06/2018	126	488.2	AM	REGULAR
12/06/2018	60	257.9	PM	REGULAR
13/06/2018	19	53.4	AM	NO REGULAR
14/06/2018	12	39.7	PM	NO REGULAR
16/06/2018	104	248.5	AM	REGULAR
16/06/2018	57	301.9	PM	REGULAR
17/06/2018	19	77.6	AM	NO REGULAR
17/06/2018	29	117.9	PM	NO REGULAR
18/06/2018	125	411.5	AM	REGULAR
18/06/2018	74	338.1	PM	REGULAR
19/06/2018	157	565.8	AM	REGULAR
19/06/2018	118	507.7	PM	REGULAR
20/06/2018	6	23.2	AM	NO REGULAR
20/06/2018	16	93.2	PM	NO REGULAR
22/06/2018	140	578.8	AM	REGULAR
22/06/2018	77	294.4	PM	REGULAR
23/06/2018	112	464.6	AM	REGULAR

Fecha	Pasajeros Transportado	Distancia Recorrida (en Km)	Turno	Tipo de Día
23/06/2018	63	330.5	PM	REGULAR
25/06/2018	153	649.5	AM	REGULAR
25/06/2018	93	347.1	PM	REGULAR
26/06/2018	87	375.6	AM	REGULAR
26/06/2018	106	490.7	PM	REGULAR
29/06/2018	181	504.3	AM	REGULAR
29/06/2018	71	287.9	PM	REGULAR
30/06/2018	84	291.1	AM	REGULAR
30/06/2018	72	324.9	PM	REGULAR
2/07/2018	160	427.8	AM	REGULAR
2/07/2018	93	356.4	PM	REGULAR
3/07/2018	192	584.2	AM	REGULAR
3/07/2018	84	331.0	PM	REGULAR
6/07/2018	138	503.3	AM	REGULAR
6/07/2018	77	385.8	PM	REGULAR
7/07/2018	68	318.9	AM	REGULAR
7/07/2018	63	307.7	PM	REGULAR
9/07/2018	138	463.2	AM	REGULAR
9/07/2018	91	344.9	PM	REGULAR
10/07/2018	40	87.2	PM	REGULAR
11/07/2018	110	391.1	AM	NO REGULAR
11/07/2018	51	229.5	PM	NO REGULAR
12/07/2018	9	30.4	AM	NO REGULAR
12/07/2018	9	16.2	PM	NO REGULAR
13/07/2018	160	548.7	AM	REGULAR
13/07/2018	117	469.2	PM	REGULAR
14/07/2018	97	433.1	AM	REGULAR
14/07/2018	94	474.8	PM	REGULAR
15/07/2018	10	16.2	AM	NO REGULAR
15/07/2018	10	16.2	PM	NO REGULAR
16/07/2018	166	453.0	AM	REGULAR
16/07/2018	125	378.5	PM	REGULAR
17/07/2018	131	427.6	AM	REGULAR
17/07/2018	143	503.7	PM	REGULAR
18/07/2018	17	54.1	AM	NO REGULAR
20/07/2018	126	532.2	AM	REGULAR
20/07/2018	63	274.5	PM	REGULAR
22/07/2018	79	245.3	AM	NO REGULAR
22/07/2018	52	227.1	PM	NO REGULAR
23/07/2018	201	622.3	AM	REGULAR
23/07/2018	74	326.3	PM	REGULAR
24/07/2018	173	513.6	AM	REGULAR
24/07/2018	131	426.6	PM	REGULAR
25/07/2018	38	111.5	AM	NO REGULAR
25/07/2018	46	137.6	PM	NO REGULAR
26/07/2018	30	81.8	AM	NO REGULAR
26/07/2018	13	34.2	PM	NO REGULAR
27/07/2018	163	567.3	AM	REGULAR
27/07/2018	30	73.0	PM	REGULAR
28/07/2018	92	333.6	AM	REGULAR
28/07/2018	54	229.8	PM	REGULAR
29/07/2018	20	61.8	AM	NO REGULAR
30/07/2018	139	399.3	AM	REGULAR
30/07/2018	43	274.7	PM	REGULAR
31/07/2018	122	333.1	AM	REGULAR
31/07/2018	68	303.8	PM	REGULAR
1/08/2018	37	115.1	PM	NO REGULAR

Fecha	Pasajeros Transportado	Distancia Recorrida (en Km)	Turno	Tipo de Día
2/08/2018	51	239.0	PM	NO REGULAR
3/08/2018	157	365.5	AM	REGULAR
3/08/2018	49	206.8	PM	REGULAR
4/08/2018	110	356.2	AM	REGULAR
4/08/2018	71	283.0	PM	REGULAR
7/08/2018	179	554.3	AM	REGULAR
7/08/2018	165	519.0	PM	REGULAR
8/08/2018	78	306.2	AM	NO REGULAR
8/08/2018	24	117.5	PM	NO REGULAR
9/08/2018	10	39.7	AM	NO REGULAR
9/08/2018	9	74.5	PM	NO REGULAR
10/08/2018	161	419.0	AM	REGULAR
10/08/2018	87	464.9	PM	REGULAR
11/08/2018	97	312.3	AM	REGULAR
11/08/2018	72	278.5	PM	REGULAR
12/08/2018	22	85.3	AM	NO REGULAR
12/08/2018	33	168.7	PM	NO REGULAR
13/08/2018	149	576.0	AM	REGULAR
13/08/2018	58	312.7	PM	REGULAR
14/08/2018	180	556.7	AM	REGULAR
14/08/2018	82	279.3	PM	REGULAR
17/08/2018	181	498.9	AM	REGULAR
17/08/2018	79	304.9	PM	REGULAR
18/08/2018	71	334.1	AM	REGULAR
18/08/2018	77	359.5	PM	REGULAR
20/08/2018	137	509.1	AM	REGULAR
20/08/2018	60	249.1	PM	REGULAR
21/08/2018	96	316.6	PM	REGULAR
22/08/2018	107	412.1	AM	NO REGULAR
22/08/2018	51	302.9	PM	NO REGULAR
24/08/2018	102	410.4	AM	REGULAR
24/08/2018	99	464.5	PM	REGULAR
25/08/2018	93	471.2	AM	REGULAR
25/08/2018	68	381.3	PM	REGULAR
27/08/2018	149	533.9	AM	REGULAR
27/08/2018	62	285.2	PM	REGULAR
28/08/2018	117	470.8	AM	REGULAR
28/08/2018	88	363.2	PM	REGULAR
31/08/2018	217	604.9	AM	REGULAR
31/08/2018	104	440.1	PM	REGULAR
1/09/2018	68	309.3	AM	REGULAR
1/09/2018	45	240.7	PM	REGULAR
3/09/2018	107	322.6	AM	REGULAR
3/09/2018	98	304.9	PM	REGULAR
4/09/2018	135	390.7	AM	REGULAR
4/09/2018	95	346.4	PM	REGULAR
5/09/2018	10	23.2	PM	NO REGULAR
6/09/2018	19	82.6	AM	NO REGULAR
6/09/2018	10	23.2	PM	NO REGULAR
7/09/2018	189	535.8	AM	REGULAR
7/09/2018	111	499.8	PM	REGULAR
8/09/2018	98	501.4	AM	REGULAR
8/09/2018	59	285.6	PM	REGULAR
10/09/2018	123	447.0	AM	REGULAR
10/09/2018	70	287.9	PM	REGULAR
11/09/2018	142	383.1	AM	REGULAR
11/09/2018	55	196.5	PM	REGULAR

Fecha	Pasajeros Transportado	Distancia Recorrida (en Km)	Turno	Tipo de Día
14/09/2018	152	430.0	AM	REGULAR
14/09/2018	84	376.1	PM	REGULAR
15/09/2018	45	178.4	AM	REGULAR
15/09/2018	53	229.8	PM	REGULAR
16/09/2018	20	108.5	AM	NO REGULAR
16/09/2018	10	56.3	PM	NO REGULAR
17/09/2018	142	504.9	AM	REGULAR
17/09/2018	75	357.8	PM	REGULAR
18/09/2018	122	449.3	AM	REGULAR
18/09/2018	110	395.9	PM	REGULAR
21/09/2018	130	450.9	AM	REGULAR
21/09/2018	83	348.6	PM	REGULAR
22/09/2018	20	40.5	AM	REGULAR
22/09/2018	22	54.8	PM	REGULAR
23/09/2018	98	373.3	AM	NO REGULAR
23/09/2018	49	279.4	PM	NO REGULAR
24/09/2018	193	712.9	AM	REGULAR
24/09/2018	98	331.0	PM	REGULAR
25/09/2018	157	553.2	AM	REGULAR
25/09/2018	125	441.6	PM	REGULAR
28/09/2018	192	600.5	AM	REGULAR
28/09/2018	115	418.8	PM	REGULAR
29/09/2018	90	299.7	AM	REGULAR
29/09/2018	75	287.7	PM	REGULAR
30/09/2018	13	87.7	AM	NO REGULAR
1/10/2018	171	566.4	AM	REGULAR
1/10/2018	63	290.3	PM	REGULAR
2/10/2018	140	271.4	AM	REGULAR
2/10/2018	121	521.0	PM	REGULAR
3/10/2018	13	153.4	AM	NO REGULAR
3/10/2018	9	91.7	PM	NO REGULAR
6/10/2018	255	693.5	AM	REGULAR
6/10/2018	88	421.4	PM	REGULAR
8/10/2018	128	411.3	AM	REGULAR
8/10/2018	99	410.5	PM	REGULAR
9/10/2018	20	31.4	PM	REGULAR
10/10/2018	174	562.6	AM	NO REGULAR
10/10/2018	43	210.0	PM	NO REGULAR
11/10/2018	6	72.0	AM	NO REGULAR
12/10/2018	180	562.8	AM	REGULAR
12/10/2018	12	40.3	PM	REGULAR
13/10/2018	102	439.8	PM	REGULAR
15/10/2018	139	504.2	AM	REGULAR
15/10/2018	45	226.1	PM	REGULAR
16/10/2018	123	487.7	AM	REGULAR
16/10/2018	57	278.2	PM	REGULAR
17/10/2018	15	165.2	AM	NO REGULAR
19/10/2018	160	591.1	AM	REGULAR
19/10/2018	53	377.9	PM	REGULAR
20/10/2018	76	306.3	AM	REGULAR
21/10/2018	55	317.7	PM	NO REGULAR
22/10/2018	145	499.0	AM	REGULAR
22/10/2018	55	293.5	PM	REGULAR
23/10/2018	79	262.6	AM	REGULAR
23/10/2018	77	329.8	PM	REGULAR
27/10/2018	227	565.9	AM	REGULAR
27/10/2018	85	388.2	PM	REGULAR

Fecha	Pasajeros Transportado	Distancia Recorrida (en Km)	Turno	Tipo de Día
29/10/2018	89	304.9	AM	REGULAR
29/10/2018	64	301.2	PM	REGULAR
30/10/2018	92	378.1	AM	REGULAR
30/10/2018	63	338.7	PM	REGULAR
31/10/2018	18	71.7	PM	NO REGULAR
2/11/2018	169	503.8	AM	REGULAR
2/11/2018	98	406.8	PM	REGULAR
3/11/2018	67	297.0	AM	REGULAR
3/11/2018	33	150.1	PM	REGULAR
5/11/2018	99	476.3	AM	REGULAR
5/11/2018	22	91.2	PM	REGULAR
6/11/2018	105	470.5	PM	REGULAR
7/11/2018	50	245.5	AM	NO REGULAR
7/11/2018	32	195.8	PM	NO REGULAR
9/11/2018	160	642.2	AM	REGULAR
9/11/2018	43	277.3	PM	REGULAR
10/11/2018	141	326.5	AM	REGULAR
10/11/2018	63	335.6	PM	REGULAR
12/11/2018	89	323.8	PM	REGULAR
13/11/2018	142	442.4	PM	REGULAR
14/11/2018	32	222.3	AM	NO REGULAR
14/11/2018	16	147.1	PM	NO REGULAR
16/11/2018	163	494.8	AM	REGULAR
16/11/2018	69	325.9	PM	REGULAR
17/11/2018	80	361.6	AM	REGULAR
17/11/2018	29	246.1	PM	REGULAR
19/11/2018	44	112.1	PM	REGULAR
20/11/2018	145	426.8	AM	REGULAR
20/11/2018	40	150.6	PM	REGULAR
21/11/2018	12	93.2	AM	NO REGULAR
21/11/2018	15	82.5	PM	NO REGULAR
23/11/2018	179	581.5	PM	REGULAR
24/11/2018	22	65.7	PM	REGULAR
26/11/2018	94	384.5	AM	REGULAR
26/11/2018	50	286.2	PM	REGULAR
27/11/2018	93	379.7	AM	REGULAR
27/11/2018	55	309.7	PM	REGULAR
29/11/2018	2	78.1	AM	NO REGULAR
29/11/2018	9	71.1	PM	NO REGULAR
30/11/2018	133	367.9	PM	REGULAR
1/12/2018	94	335.0	AM	REGULAR
1/12/2018	45	256.8	PM	REGULAR
3/12/2018	103	322.4	AM	REGULAR
3/12/2018	59	266.0	PM	REGULAR
4/12/2018	65	200.1	AM	REGULAR
4/12/2018	29	74.7	PM	REGULAR
5/12/2018	8	84.1	AM	NO REGULAR
6/12/2018	5	30.9	AM	NO REGULAR
7/12/2018	73	282.9	AM	REGULAR
7/12/2018	100	520.7	PM	REGULAR
8/12/2018	82	322.1	AM	REGULAR
8/12/2018	55	309.3	PM	REGULAR
9/12/2018	10	87.7	AM	NO REGULAR
10/12/2018	113	443.2	AM	REGULAR
10/12/2018	55	333.1	PM	REGULAR
11/12/2018	86	307.9	AM	REGULAR
11/12/2018	75	435.0	PM	REGULAR
14/12/2018	167	552.2	PM	REGULAR
15/12/2018	104	318.5	PM	REGULAR

ANEXO 3. PARÁMETROS DE RUTEO OBTENIDOS DE LA MUESTRA DE 55

TURNOS

Fecha	Tur	mhe	aerona	vel	ut	vc	v	cost	engsta	engshd	engstar	engshdv	ttdep	ttno	ttcdep	ttcno	flirang
23/01/2018	AM	1	1	2.1	1	10	175	2	8.4	1.0	0.0	0.0	6.0	2.1	3.0	0.0	61.2
23/01/2018	AM	2	1	1.8	5	19	175	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
23/01/2018	PM	1	1	1.9	1	10	142	2	2.0	1.0	0.0	0.0	2.6	1.1	0.0	0.0	65
23/01/2018	PM	2	1	1.9	6	19	142	3	6.0	2.0	6.0	2.0	10.5	2.0	10.5	2.0	70
27/02/2018	AM	1	1	2.1	1	10	162	2	7.0	1.0	0.0	0.0	6.0	2.1	3.0	0.0	61.2
27/02/2018	AM	2	1	1.8	4	19	162	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
09/03/2018	PM	1	2	2.2	1	10	208	2	2.5	1.0	0.0	0.0	6.0	1.3	3.0	0.0	65
09/03/2018	PM	2	2	1.8	4	19	208	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
17/03/2018	AM	1	2	2.1	1	10	200	2	6.5	1.0	0.0	0.0	6.0	2.0	3.0	0.0	61.2
17/03/2018	AM	2	2	1.8	4	19	200	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
20/03/2018	AM	1	2	2.2	1	10	260	2	9.0	1.0	0.0	0.0	6.0	1.8	3.0	0.0	61.2
20/03/2018	AM	2	2	1.8	6	19	260	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
26/03/2018	PM	1	1	2.5	1	11	80	2	5.0	1.0	0.0	0.0	6.0	2.3	3.0	0.2	61.2
26/03/2018	PM	2	2	1.8	3	19	160	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
27/03/2018	AM	1	2	2.2	1	10	177	2	10.0	1.0	0.0	0.0	7.5	1.1	4.5	0.0	61.2
27/03/2018	AM	2	2	1.8	4	19	177	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
17/04/2018	AM	1	2	2.0	1	10	330	2	8.0	1.0	0.0	0.0	5.2	1.9	2.2	0.1	61.2
17/04/2018	AM	2	2	1.8	8	19	330	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
17/04/2018	PM	1	2	2.2	1	10	268	2	5.0	1.0	0.0	0.0	4.4	1.8	1.4	0.0	61.2
17/04/2018	PM	2	2	1.8	8	19	268	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
21/04/2018	AM	1	2	2.1	1	10	222	2	9.0	1.0	0.0	0.0	8.0	2.3	5.0	0.2	61.2
21/04/2018	AM	2	2	1.8	5	19	222	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
21/04/2018	PM	1	2	2.0	1	10	338	2	3.0	1.0	0.0	0.0	8.7	2.1	5.7	0.1	61.2
21/04/2018	PM	2	1	1.8	5	19	169	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
16/03/2018	PM	1	1	2.1	1	10	114	2	3.0	1.0	0.0	0.0	10.0	1.7	7.0	0.0	61.2
16/03/2018	PM	2	1	1.8	3	19	114	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
20/12/2017	AM	1	1	2.1	1	10	251	2	7.0	1.0	0.0	0.0	7.0	2.5	4.0	0.1	50
20/12/2017	AM	2	1	1.8	5	19	251	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
20/12/2017	PM	1	1	2.1	1	10	152	2	11.0	1.0	0.0	0.0	5.3	1.7	2.3	0.0	46
20/12/2017	PM	2	1	1.8	4	19	152	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
16/12/2017	AM	1	1	2.2	1	10	173	2	10.0	1.0	0.0	0.0	6.0	1.4	3.0	0.1	45
16/12/2017	AM	2	1	1.8	5	19	173	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
27/04/2018	AM	1	2	2.3	1	11	278	2	7.0	1.0	0.0	0.0	7.2	2.3	4.2	0.1	45
27/04/2018	AM	2	2	1.8	8	19	278	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
20/01/2018	PM	1	1	2.1	1	10	251	2	7.0	1.0	0.0	0.0	4.5	3.1	1.5	0.9	46
20/01/2018	PM	2	1	1.8	6	19	251	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
27/01/2018	PM	1	2	1.9	1	10	179	2	3.3	1.0	0.0	0.0	6.0	1.3	3.0	0.0	54
27/01/2018	PM	2	2	1.8	4	19	179	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
12/02/2018	PM	1	1	2.3	1	10	90	2	9.0	1.0	0.0	0.0	6.0	1.5	3.0	0.0	50
12/02/2018	PM	2	1	1.5	5	19	113	3	13.0	2.0	13.0	2.0	18.0	5.7	18.0	5.7	42
19/03/2018	PM	1	2	2.4	1	10	112	2	6.5	1.0	0.0	0.0	3.0	2.4	0.0	0.0	32
19/03/2018	PM	2	2	1.8	4	19	112	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
23/04/2018	PM	1	2	2.5	1	10	332	2	2.5	1.0	0.0	0.0	7.0	2.1	4.0	0.0	42
23/04/2018	PM	2	2	1.8	5	19	332	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
06/05/2018	AM	1	1	2.1	1	10	32	2	8.0	1.0	0.0	0.0	6.0	2.0	3.0	0.0	16
06/05/2018	AM	2	1	1.8	2	19	32	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
24/05/2018	AM	1	1	1.9	1	11	55	2	8.0	3.0	0.0	0.0	4.0	3.0	1.0	0.0	17
24/05/2018	AM	2	1	1.8	3	19	55	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
24/05/2018	PM	1	1	2.2	1	10	93	2	5.0	1.0	0.0	0.0	6.0	1.5	3.0	0.0	39
24/05/2018	PM	2	1	1.8	4	19	93	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
17/06/2018	AM	1	1	2.1	1	10	59	2	6.0	1.0	0.0	0.0	6.0	1.3	3.0	0.0	42
17/06/2018	AM	2	1	1.8	2	19	59	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8

Fecha	Turno	mhe	aerona	vel	ut	vc	v	costh	engsta	engshd	engstar	engshdv	ttdep	ttno	ttcdep	ttcno	flirang
30/04/2018	AM	1	1	2.2	1	10	240	2	10.0	1.0	0.0	0.0	6.7	2.4	3.7	0.4	46
30/04/2018	AM	2	2	2.0	9	19	194	3	12.0	2.0	12.0	2.0	11.0	3.9	11.0	3.9	51
30/04/2018	PM	1	1	2.4	1	10	122	2	4.0	1.0	0.0	0.0	4.0	2.0	2.0	0.2	30
30/04/2018	PM	2	2	1.8	9	19	110	3	7.0	2.0	7.0	2.0	10.5	2.0	10.5	2.0	70
29/06/2018	AM	1	1	1.9	1	10	258	2	9.0	1.0	0.0	0.0	5.6	1.2	2.8	0.0	63
29/06/2018	AM	2	1	1.9	7	19	142	3	11.0	2.0	11.0	2.0	11.0	6.0	11.0	6.0	34
13/07/2018	AM	1	2	2.0	1	10	370	2	10.0	1.0	0.0	0.0	6.9	2.5	3.9	0.3	50
13/07/2018	AM	2	1	1.8	12	19	70	3	10.0	2.0	10.0	2.0	10.5	1.0	10.5	1.0	51
14/07/2018	AM	1	2	2.1	1	10	327	2	10.5	1.0	0.0	0.0	7.8	2.3	4.8	0.3	48
14/07/2018	AM	2	2	1.8	8	19	327	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
25/05/2018	PM	1	2	2.5	1	10	205	2	2.7	1.0	0.0	0.0	3.5	1.8	1.0	0.3	38
25/05/2018	PM	2	1	1.0	8	19	205	3	8.0	2.0	8.0	2.0	10.5	3.0	10.5	3.0	28
19/06/2018	PM	1	2	2.3	1	10	306	2	4.0	1.0	0.0	0.0	4.4	1.9	2.3	0.2	42
19/06/2018	PM	2	2	1.8	10	19	306	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
23/06/2018	PM	1	2	2.2	1	10	227	2	3.5	1.0	0.0	0.0	6.3	2.4	3.7	0.4	44
23/06/2018	PM	2	2	1.8	6	19	227	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
10/07/2018	PM	1	2	1.7	1	10	82	2	3.5	1.0	0.0	0.0	6.0	2.8	3.0	0.2	36
10/07/2018	PM	2	2	1.8	3	19	82	3	7.1	2.0	7.1	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
03/10/2018	AM	1	1	2.7	1	10	108	2	15.0	1.0	0.0	0.0	6.0	4.2	3.0	2.0	62
03/10/2018	AM	2	1	1.8	2	19	108	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
29/11/2018	AM	1	1	2.8	1	10	46	2	6.0	1.0	0.0	0.0	6.0	1.0	3.0	0.0	33
29/11/2018	AM	2	1	1.8	2	19	46	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
02/08/2018	PM	1	1	2.5	1	10	90	2	5.0	1.0	0.0	0.0	3.0	2.7	1.0	0.0	24
02/08/2018	PM	2	1	2.0	6	19	90	3	12.0	2.0	12.0	2.0	10.5	5.3	10.5	5.3	56
09/08/2018	PM	1	1	2.1	1	10	58	2	4.0	1.0	0.0	0.0	6.0	2.7	3.0	0.3	40
09/08/2018	PM	2	1	1.8	2	19	58	3	6.0	2.0	6.0	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
06/11/2018	PM	1	2	2.6	1	10	261	2	5.5	1.0	0.0	0.0	4.4	2.0	2.2	0.3	31
06/11/2018	PM	2	2	1.8	10	19	261	3	2.5	2.0	2.5	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
03/11/2018	PM	1	1	2.1	1	10	104	2	3.0	1.0	0.0	0.0	4.0	1.3	2.0	0.0	39
03/11/2018	PM	2	1	1.8	4	19	104	3	8.0	2.0	8.0	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
02/10/2018	PM	1	2	2.3	1	10	336	2	3.0	1.0	0.0	0.0	6.6	1.9	4.1	0.1	39
02/10/2018	PM	2	2	1.8	11	19	336	3	2.6	2.0	2.6	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
25/08/2018	PM	1	2	2.2	1	10	224	2	2.3	1.0	0.0	0.0	7.0	1.3	4.3	0.0	46
25/08/2018	PM	2	2	1.8	6	19	224	3	7.0	2.0	7.0	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
17/08/2018	PM	1	1	2.3	1	11	221	2	2.5	1.0	0.0	0.0	7.7	2.2	4.7	0.8	54
17/08/2018	PM	2	1	1.8	6	19	221	3	11.0	2.0	11.0	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
27/11/2018	AM	1	2	2.1	1	10	247	2	5.7	1.0	0.0	0.0	5.3	1.1	2.7	0.0	45
27/11/2018	AM	2	2	1.8	7	19	247	3	11.0	2.0	11.0	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
08/12/2018	AM	1	2	2.0	1	10	231	2	4.7	1.0	0.0	0.0	5.5	1.4	2.8	0.0	48
08/12/2018	AM	2	2	1.8	7	19	231	3	3.7	2.0	3.7	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
11/12/2018	AM	1	2	2.2	1	10	225	2	11.0	1.0	0.0	0.0	6.3	2.3	3.3	0.6	51
11/12/2018	AM	2	2	1.8	6	19	225	3	12.5	2.0	12.5	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
11/08/2018	PM	1	1	1.9	1	10	165	2	5.0	1.0	0.0	0.0	4.0	1.3	2.0	0.1	47
11/08/2018	PM	2	1	2.1	7	19	165	3	6.0	2.0	6.0	2.0	10.5	3.7	10.5	3.7	46
17/09/2018	PM	1	1	2.3	1	10	170	2	3.0	1.0	0.0	0.0	4.0	1.8	2.0	0.2	40
17/09/2018	PM	2	1	1.5	8	19	80	3	8.0	2.0	8.0	2.0	10.5	1.3	10.5	1.3	66
28/08/2018	AM	1	1	2.1	1	10	279	2	7.0	1.0	0.0	0.0	6.4	1.1	3.6	0.1	57
28/08/2018	AM	2	1	2.3	8	19	55	3	10.0	2.0	10.0	2.0	6.0	4.5	6.0	4.5	25
04/09/2018	AM	1	1	2.3	1	10	150	2	10.0	1.0	0.0	0.0	6.3	3.1	3.3	0.8	42
04/09/2018	AM	2	2	1.6	8	19	206	3	10.5	2.0	10.5	2.0	7.7	2.4	7.7	2.4	59
10/11/2018	AM	1	1	2.2	1	10	163	2	4.0	1.0	0.0	0.0	5.7	1.1	2.7	0.0	38
10/11/2018	AM	2	1	1.4	10	19	113	3	12.0	2.0	12.0	2.0	8.5	6.0	8.5	6.0	35
20/10/2018	AM	1	1	2.2	1	10	212	2	8.0	1.0	0.0	0.0	7.4	1.9	4.4	0.4	42
20/10/2018	AM	2	1	1.8	6	19	212	3	6.0	2.0	6.0	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
05/05/2018	AM	1	2	2.2	1	10	320	2	11.5	1.0	0.0	0.0	6.8	2.3	3.8	0.2	51
05/05/2018	AM	2	2	1.8	9	19	320	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8
19/06/2018	AM	1	2	2.2	1	10	370	2	8.5	1.0	0.0	0.0	6.1	2.3	3.4	0.2	46
19/06/2018	AM	2	2	1.8	11	19	370	3	11.4	2.0	11.4	2.0	10.5	3.3	10.5	3.3	58.8

ANEXO 4. RESULTADOS DEL MODELO DE ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULO – N° DE ARRANQUES Y ATERRIZAJES

Fecha	Turno	Tipo de Día	DATOS DE CAMPO						RESULTADOS DEL MODELO DE ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULOS							
			N° de Aterrizajes				N° de Arranques		N° de Aterrizajes				N° de Arranques			
			Flota Tipo 1		Flota Tipo 2				Flota Tipo 1		Flota Tipo 2					
			Locación	Malvinas	Locación	Malvinas	Flota Tipo 1	Flota Tipo 2	Locación	Malvinas	Locación	Malvinas	Flota Tipo 1	Flota Tipo 2		
16/12/2017	AM	Regular	10	4	0	0	1	0	10	4	0	0	1	0		
23/01/2018	AM	Regular	12	4	0	0	1	0	12	4	0	0	1	0		
27/02/2018	AM	Regular	11	3	0	0	1	0	11	3	0	0	1	0		
17/03/2018	AM	Regular	9	3	0	0	2	0	9	3	0	0	2	0		
20/03/2018	AM	Regular	11	5	0	0	2	0	13	5	0	0	2	0		
27/03/2018	AM	Regular	7	3	0	0	2	0	7	3	0	0	2	0		
17/04/2018	AM	Regular	15	7	0	0	2	0	14	7	0	0	2	0		
21/04/2018	AM	Regular	12	4	0	0	2	0	12	4	0	0	2	0		
27/04/2018	AM	Regular	17	6	0	0	2	0	16	6	0	0	2	0		
30/04/2018	AM	Regular	13	6	7	3	1	2	16	6	6	3	1	2		
29/06/2018	AM	Regular	17	6	4	3	1	1	17	6	4	3	1	1		
5/05/2018	AM	Regular	18	8	0	0	2	0	18	8	0	0	2	0		
13/07/2018	AM	Regular	18	10	2	1	2	1	17	10	2	1	2	1		
14/07/2018	AM	Regular	19	7	0	0	2	0	20	7	0	0	2	0		
19/06/2018	AM	Regular	19	10	0	0	2	0	20	10	0	0	2	0		
20/10/2018	AM	Regular	16	5	0	0	1	0	17	5	0	0	1	0		
28/08/2018	AM	Regular	23	6	2	1	1	1	22	7	0	0	1	0		
4/09/2018	AM	Regular	8	4	10	3	1	2	10	4	8	3	1	2		
10/11/2018	AM	Regular	13	5	4	2	1	1	15	5	3	2	1	1		
27/11/2018	AM	Regular	19	6	0	0	3	0	17	6	0	0	3	0		
8/12/2018	AM	Regular	16	6	0	0	3	0	16	6	0	0	3	0		
11/12/2018	AM	Regular	14	5	0	0	2	0	15	5	0	0	2	0		
20/01/2018	PM	Regular	14	5	0	0	1	0	14	5	0	0	1	0		
23/01/2018	PM	Regular	12	4	3	1	1	1	10	3	4	1	1	1		
27/01/2018	PM	Regular	10	4	0	0	3	0	10	3	0	0	3	0		
12/02/2018	PM	Regular	4	2	3	1	1	1	4	2	3	1	1	1		
9/03/2018	PM	Regular	8	3	0	0	2	0	8	3	0	0	2	0		

Fecha	Turno	Tipo de Día	DATOS DE CAMPO						RESULTADOS DEL MODELO DE ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULOS					
			N° de Aterrizajes				N° de Arranques		N° de Aterrizajes				N° de Arranques	
			Flota Tipo 1		Flota Tipo 2				Flota Tipo 1		Flota Tipo 2			
			Locación	Malvinas	Locación	Malvinas	Flota Tipo 1	Flota Tipo 2	Locación	Malvinas	Locación	Malvinas	Flota Tipo 1	Flota Tipo 2
16/03/2018	PM	Regular	7	2	0	0	1	0	7	2	0	0	1	0
19/03/2018	PM	Regular	5	3	0	0	2	0	5	3	0	0	2	0
26/03/2018	PM	Regular	6	2	0	0	1	0	6	2	0	0	1	0
17/04/2018	PM	Regular	12	7	0	0	2	0	13	7	0	0	2	0
21/04/2018	PM	Regular	11	4	0	0	1	0	11	4	0	0	1	0
23/04/2018	PM	Regular	11	4	0	0	2	0	10	4	0	0	2	0
30/04/2018	PM	Regular	8	4	4	2	2	2	9	4	4	2	2	2
25/05/2018	PM	Regular	13	6	1	1	4	1	14	6	1	1	4	1
19/06/2018	PM	Regular	17	9	0	0	2	0	16	9	0	0	2	0
23/06/2018	PM	Regular	16	5	0	0	2	0	14	5	0	0	2	0
10/07/2018	PM	Regular	4	2	0	0	2	0	4	2	0	0	2	0
11/08/2018	PM	Regular	11	4	3	1	1	1	11	4	3	1	1	1
17/08/2018	PM	Regular	17	5	0	0	2	0	17	5	0	0	2	0
25/08/2018	PM	Regular	19	5	0	0	4	0	20	5	0	0	4	0
17/09/2018	PM	Regular	9	5	4	1	2	1	10	6	4	1	2	1
2/10/2018	PM	Regular	20	10	0	0	2	0	21	10	0	0	2	0
3/11/2018	PM	Regular	7	3	0	0	2	0	7	3	0	0	2	0
6/11/2018	PM	Regular	13	9	0	0	2	0	14	9	0	0	2	0
20/12/2017	AM	No Regular	15	5	0	0	1	0	14	4	0	0	1	0
6/05/2018	AM	No Regular	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
24/05/2018	AM	No Regular	2	2	0	0	1	0	2	2	0	0	1	0
17/06/2018	AM	No Regular	4	1	0	0	1	0	4	1	0	0	1	0
3/10/2018	AM	No Regular	6	1	0	0	1	0	6	1	0	0	1	0
29/11/2018	AM	No Regular	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
20/12/2017	PM	No Regular	10	3	0	0	1	0	9	3	0	0	1	0
24/05/2018	PM	No Regular	6	3	0	0	1	0	6	3	0	0	1	0
2/08/2018	PM	No Regular	3	3	3	1	1	1	3	3	3	1	1	1
9/08/2018	PM	No Regular	3	1	0	0	1	0	3	1	0	0	1	0

ANEXO 5. RESULTADOS DEL MODELO DE ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULO – VARIABLES DE INTERÉS

Fecha	Turno	Tipo de Día	Datos de Campo				Resultados del Modelo de Enrutamiento de Vehículos				
			Costo de Transporte (\$)	Distancia (en Km)	Tiempo de Vuelo (min)	Combustible	Costo de Transporte (\$)	Distancia (en Km)	Tiempo de Vuelo (min)	Combustible	Tiempo de Procesamiento (segundos)
16/12/2017	AM	Regular	\$17,896.67	263.1	65.6	5531.9	\$16,875.00	246.0	65.3	5507.9	3
23/01/2018	AM	Regular	\$17,669.45	250.8	65.5	5529.8	\$17,043.36	240.3	65.4	5515.2	87
27/02/2018	AM	Regular	\$16,972.09	244.7	65.3	5510.2	\$16,487.96	236.6	65.2	5498.9	1610
17/03/2018	AM	Regular	\$8,316.73	215.2	122.9	10372.4	\$7,593.46	191.1	122.7	10355.4	0.1
20/03/2018	AM	Regular	\$12,082.50	321.8	124.1	10471.3	\$12,308.18	317.4	124.2	10485.0	624
27/03/2018	AM	Regular	\$8,044.72	198.9	122.9	10368.6	\$8,044.72	198.9	122.9	10368.6	1
17/04/2018	AM	Regular	\$14,362.93	390.1	124.8	10533.3	\$13,789.54	375.4	124.6	10515.7	1073
21/04/2018	AM	Regular	\$12,169.92	272.3	124.2	10478.7	\$11,294.74	243.2	123.9	10458.1	86
27/04/2018	AM	Regular	\$17,390.70	412.8	125.7	10610.2	\$15,840.98	369.7	125.2	10569.6	219
30/04/2018	AM	Regular	\$41,267.80	519.5	247.0	38890.2	\$38,520.84	460.8	246.7	38792.9	1029
29/06/2018	AM	Regular	\$43,626.05	504.3	159.5	22645.6	\$42,611.92	487.3	159.2	22621.9	761
5/05/2018	AM	Regular	\$18,147.92	434.9	126.1	10638.0	\$16,721.07	387.4	125.7	10604.6	275
13/07/2018	AM	Regular	\$29,632.21	548.7	216.5	27312.2	\$27,996.07	501.9	216.0	27269.6	219
14/07/2018	AM	Regular	\$19,278.39	433.1	126.4	10669.3	\$17,207.83	354.4	125.9	10625.0	670
19/06/2018	AM	Regular	\$22,052.72	565.8	126.9	10712.3	\$21,587.93	543.5	126.9	10705.3	749
20/10/2018	AM	Regular	\$23,114.31	306.3	67.2	5672.0	\$21,394.13	273.3	66.8	5635.9	141
28/08/2018	AM	Regular	\$37,029.67	470.8	159.1	22395.5	\$28,227.44	383.7	68.9	5811.0	1477
4/09/2018	AM	Regular	\$31,665.00	390.7	244.2	38648.5	\$27,233.90	325.4	243.3	38523.6	769
10/11/2018	AM	Regular	\$29,030.21	326.5	155.9	22219.6	\$28,220.21	322.1	155.9	22196.0	1015
27/11/2018	AM	Regular	\$14,810.13	379.7	185.1	15623.7	\$12,247.14	304.9	184.3	15556.1	65
8/12/2018	AM	Regular	\$12,730.11	322.1	184.4	15560.2	\$12,525.97	315.3	184.3	15555.4	185
11/12/2018	AM	Regular	\$12,497.40	307.9	124.4	10497.3	\$12,589.20	304.4	124.5	10503.7	84
20/01/2018	PM	Regular	\$23,737.11	361.0	67.2	5669.7	\$22,615.90	342.4	66.9	5643.4	169
23/01/2018	PM	Regular	\$26,140.04	325.9	154.9	22160.0	\$24,999.19	289.3	154.4	22144.9	1311
27/01/2018	PM	Regular	\$9,986.23	264.3	183.4	15474.5	\$8,815.20	227.8	183.1	15448.9	10
12/02/2018	PM	Regular	\$20,848.02	205.1	153.4	22005.8	\$20,848.02	205.1	153.4	22005.8	14
9/03/2018	PM	Regular	\$8,565.69	231.0	122.8	10363.8	\$8,474.07	228.0	122.8	10361.7	9

Fecha	Turno	Tipo de Día	Datos de Campo				Resultados del Modelo de Enrutamiento de Vehículos				
			Costo de Transporte (\$)	Distancia (en Km)	Tiempo de Vuelo (min)	Combustible	Costo de Transporte (\$)	Distancia (en Km)	Tiempo de Vuelo (min)	Combustible	Tiempo de Procesamiento (segundos)
16/03/2018	PM	Regular	\$13,665.73	176.0	64.2	5413.7	\$13,665.73	176.0	64.2	5413.7	8
19/03/2018	PM	Regular	\$5,198.84	164.5	121.8	10281.9	\$5,198.84	164.5	121.8	10281.9	0.1
26/03/2018	PM	Regular	\$8,633.33	122.6	62.7	5293.4	\$7,755.07	107.9	62.5	5272.9	0.1
17/04/2018	PM	Regular	\$13,494.35	394.7	124.3	10492.7	\$12,063.22	344.2	124.0	10463.4	266
21/04/2018	PM	Regular	\$10,794.92	220.6	63.5	5356.9	\$10,777.17	220.0	63.5	5356.4	51
23/04/2018	PM	Regular	\$12,345.24	311.1	124.0	10460.9	\$11,311.63	284.7	123.6	10432.5	7
30/04/2018	PM	Regular	\$24,334.42	333.9	302.6	43460.8	\$23,148.06	303.8	302.4	43419.9	491
25/05/2018	PM	Regular	\$15,402.00	367.0	332.8	37011.0	\$15,061.52	353.7	332.8	37006.5	253
19/06/2018	PM	Regular	\$18,471.90	507.7	125.6	10601.0	\$17,115.03	467.0	125.2	10566.1	133
23/06/2018	PM	Regular	\$13,982.50	330.5	124.6	10511.6	\$12,681.26	301.8	124.1	10473.6	266
10/07/2018	PM	Regular	\$3,466.94	87.2	121.2	10232.0	\$3,466.94	87.2	121.2	10232.0	0.1
11/08/2018	PM	Regular	\$24,283.63	278.5	154.4	22094.1	\$24,283.63	278.5	154.4	22094.1	200
17/08/2018	PM	Regular	\$23,566.34	304.9	127.3	10746.0	\$22,757.04	291.4	127.1	10727.0	68
25/08/2018	PM	Regular	\$16,694.53	381.3	245.5	20721.9	\$15,095.63	319.3	245.1	20688.2	198
17/09/2018	PM	Regular	\$30,160.51	357.8	215.8	27303.9	\$28,717.43	342.8	215.6	27243.0	536
2/10/2018	PM	Regular	\$21,634.80	521.0	126.6	10688.0	\$20,559.08	476.9	126.4	10666.3	414
3/11/2018	PM	Regular	\$10,040.75	150.1	123.1	10385.7	\$10,040.75	150.1	123.1	10385.7	4
6/11/2018	PM	Regular	\$16,780.97	470.5	125.1	10553.1	\$16,569.09	459.1	125.0	10551.2	96
20/12/2017	AM	No Regular	\$25,784.73	358.6	67.8	5725.3	\$21,809.28	298.9	66.7	5631.5	526
6/05/2018	AM	No Regular	\$1,632.60	23.2	60.6	5115.7	\$1,632.60	23.2	60.6	5115.7	0.1
24/05/2018	AM	No Regular	\$3,260.43	46.3	61.0	5151.1	\$3,260.43	46.3	61.0	5151.1	0.1
17/06/2018	AM	No Regular	\$5,447.10	77.6	61.8	5215.0	\$4,665.25	64.6	61.6	5196.7	0.1
3/10/2018	AM	No Regular	\$10,357.08	153.4	63.4	5351.2	\$9,643.49	141.5	63.2	5334.5	1
29/11/2018	AM	No Regular	\$4,930.88	78.1	61.5	5190.2	\$4,930.88	78.1	61.5	5190.2	0.1
20/12/2017	PM	No Regular	\$14,615.00	215.9	64.7	5457.5	\$12,426.27	181.7	64.0	5402.0	53
24/05/2018	PM	No Regular	\$8,768.88	124.1	62.8	5295.7	\$8,768.88	124.1	62.8	5295.7	0.1
2/08/2018	PM	No Regular	\$21,785.62	239.0	153.3	22031.0	\$21,785.62	239.0	153.3	22031.0	0.1
9/08/2018	PM	No Regular	\$5,079.80	74.5	61.6	5199.4	\$5,079.80	74.5	61.6	5199.4	0.1

ANEXO 6. RESULTADOS DEL MODELO DE ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULO- PLANES DE VUELO

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
23/01/2018	AM	1	Malvinas	Mipaya	1	5	5	4	1
23/01/2018	AM	1	Mipaya	Mipaya km 24+700	2	4	3	1	1
23/01/2018	AM	1	Mipaya km 24+700	Pag A	3	3	0	0	1
23/01/2018	AM	1	Pag A	Malvinas	4	10	7	10	1
23/01/2018	AM	2	Malvinas	Cash 1	1	9	9	4	1
23/01/2018	AM	2	Cash 1	Cash 3	2	7	2	4	1
23/01/2018	AM	2	Cash 3	Cash Km 39	3	10	7	6	1
23/01/2018	AM	2	Cash Km 39	Malvinas	4	4	0	4	1
23/01/2018	AM	3	Malvinas	Cash km 19 Lado A	1	10	10	10	1
23/01/2018	AM	3	Cash km 19 Lado A	Cash km 7	2	2	2	2	1
23/01/2018	AM	3	Cash km 7	Malvinas	3	0	2	0	1
23/01/2018	AM	4	Malvinas	SM 1	1	10	10	4	1
23/01/2018	AM	4	SM 1	SM 3	2	8	2	4	1
23/01/2018	AM	4	SM 3	Cash 1	3	10	6	2	1
23/01/2018	AM	4	Cash 1	Cash km 19 Lado A	4	9	1	1	1
23/01/2018	AM	4	Cash km 19 Lado A	Malvinas	5	8	0	8	1
23/01/2018	PM	1	Malvinas	SM 3	1	2	2	0	1
23/01/2018	PM	1	SM 3	SM 1	2	10	8	10	1
23/01/2018	PM	1	SM 1	SM 3	3	1	1	0	1
23/01/2018	PM	1	SM 3	Malvinas	4	8	7	8	1
23/01/2018	PM	2	Malvinas	Cash km 39	1	1	1	0	1
23/01/2018	PM	2	Cash km 39	Cash 3	2	6	5	1	1
23/01/2018	PM	2	Cash 3	Cash 1	3	10	5	4	1
23/01/2018	PM	2	Cash 1	Malvinas	4	8	2	8	1
23/01/2018	PM	3	Malvinas	Cash km 7	1	1	1	0	1
23/01/2018	PM	3	Cash km 7	Cash 2	2	3	2	0	1
23/01/2018	PM	3	Cash 2	Cash 1	3	9	6	7	1
23/01/2018	PM	3	Cash 1	Cash km 19 lado A	4	5	3	2	1
23/01/2018	PM	3	Cash km 19 lado A	Malvinas	5	10	7	10	1
23/01/2018	PM	6	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	0	0	0	2
23/01/2018	PM	6	Cash km 19 lado A	SM km 20	2	6	6	0	2
23/01/2018	PM	6	SM km 20	Mipaya km 24+700	3	11	5	0	2
23/01/2018	PM	6	Mipaya km 24+700	Mipaya	4	15	4	5	2
23/01/2018	PM	6	Mipaya	Malvinas	5	19	9	19	2
27/02/2018	AM	1	Malvinas	SM 1	1	10	10	4	1
27/02/2018	AM	1	SM 1	Mipaya km 24+700	2	6	0	5	1
27/02/2018	AM	1	Mipaya km 24+700	Mipaya	3	2	1	1	1
27/02/2018	AM	1	Mipaya	Malvinas	4	6	5	6	1
27/02/2018	AM	2	Malvinas	Cash 1	1	9	9	1	1
27/02/2018	AM	2	Cash 1	Cash km 39	2	10	2	4	1
27/02/2018	AM	2	Cash km 39	Cash 3	3	7	1	3	1
27/02/2018	AM	2	Cash 3	Cash 1	4	5	1	3	1
27/02/2018	AM	2	Cash 1	SM 1	5	9	7	2	1
27/02/2018	AM	2	SM 1	Malvinas	6	8	1	8	1
27/02/2018	AM	3	Malvinas	SM km 3+750	1	10	10	1	1
27/02/2018	AM	3	SM km 3+750	SM 3	2	9	0	9	1
27/02/2018	AM	3	SM 3	Cash Pueblo	3	1	1	0	1
27/02/2018	AM	3	Cash Pueblo	Malvinas	4	2	1	2	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
9/03/2018	PM	1	Malvinas	Kimaro	1	0	0	0	1
9/03/2018	PM	1	Kimaro	Cash 3	2	5	5	0	1
9/03/2018	PM	1	Cash 3	Malvinas	3	10	5	10	1
9/03/2018	PM	2	Malvinas	Cash km 7	1	0	0	0	1
9/03/2018	PM	2	Cash km 7	Cash km 19 lado A	2	2	2	2	1
9/03/2018	PM	2	Cash km 19 lado A	Mipaya km 24+700	3	1	1	0	1
9/03/2018	PM	2	Mipaya km 24+700	Malvinas	4	4	3	4	1
9/03/2018	PM	3	Malvinas	SM 1	1	5	5	0	1
9/03/2018	PM	3	SM 1	SM 3	2	7	2	3	1
9/03/2018	PM	3	SM 3	Cash 1	3	6	2	2	1
9/03/2018	PM	3	Cash 1	Malvinas	4	10	6	10	1
17/03/2018	AM	1	Malvinas	Pag B	1	3	3	0	1
17/03/2018	AM	1	Pag B	SM 1	2	10	7	1	1
17/03/2018	AM	1	SM 1	Cash km 19 lado A	3	10	1	9	1
17/03/2018	AM	1	Cash km 19 lado A	Malvinas	4	1	0	1	1
17/03/2018	AM	2	Malvinas	Cash 1	1	10	10	4	1
17/03/2018	AM	2	Cash 1	Cash 3	2	10	4	6	1
17/03/2018	AM	2	Cash 3	Cash km 39	3	7	3	2	1
17/03/2018	AM	2	Cash km 39	Malvinas	4	8	3	8	1
17/03/2018	AM	3	Malvinas	Cash 1	1	10	10	7	1
17/03/2018	AM	3	Cash 1	SM 3	2	4	1	3	1
17/03/2018	AM	3	SM 3	SM 1	3	3	2	0	1
17/03/2018	AM	3	SM 1	Malvinas	4	4	1	4	1
20/03/2018	AM	1	Malvinas	Mipaya km 24+700	1	10	10	1	1
20/03/2018	AM	1	Mipaya km 24+700	SM 1	2	9	0	3	1
20/03/2018	AM	1	SM 1	SM km 3+750	3	8	2	1	1
20/03/2018	AM	1	SM km 3+750	Cash 1	4	7	0	5	1
20/03/2018	AM	1	Cash 1	Malvinas	5	9	7	9	1
20/03/2018	AM	2	Malvinas	Mipaya km 24+700	1	10	10	3	1
20/03/2018	AM	2	Mipaya km 24+700	Saniri	2	7	0	0	1
20/03/2018	AM	2	Saniri	Mipaya	3	9	2	9	1
20/03/2018	AM	2	Mipaya	Mipaya km 24+700	4	1	1	0	1
20/03/2018	AM	2	Mipaya km 24+700	Malvinas	5	4	3	4	1
20/03/2018	AM	3	Malvinas	Cash 1	1	10	10	7	1
20/03/2018	AM	3	Cash 1	Cash 3	2	3	0	2	1
20/03/2018	AM	3	Cash 3	Cash km 39	3	9	8	1	1
20/03/2018	AM	3	Cash km 39	Malvinas	4	9	1	9	1
20/03/2018	AM	4	Malvinas	SM 3	1	10	10	10	1
20/03/2018	AM	4	SM 3	Malvinas	2	10	10	10	1
20/03/2018	AM	5	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	3	3	3	1
20/03/2018	AM	5	Cash km 19 lado A	Malvinas	2	1	1	1	1
26/03/2018	PM	1	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	0	0	0	1
26/03/2018	PM	1	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	6	6	5	1
26/03/2018	PM	1	Cash 1	Malvinas	3	11	10	11	1
26/03/2018	PM	2	Malvinas	Cash 1	1	0	0	0	1
26/03/2018	PM	2	Cash 1	SM 3	2	2	2	0	1
26/03/2018	PM	2	SM 3	SM km 3+750	3	5	3	0	1
26/03/2018	PM	2	SM km 3+750	SM 1	4	6	1	0	1
26/03/2018	PM	2	SM 1	Malvinas	5	10	4	10	1
27/03/2018	AM	1	Malvinas	Pag A	1	10	10	1	1
27/03/2018	AM	1	Pag A	Mipaya km 24+700	2	9	0	5	1
27/03/2018	AM	1	Mipaya km 24+700	Mipaya	3	4	0	4	1
27/03/2018	AM	1	Mipaya	Malvinas	4	3	3	3	1
27/03/2018	AM	2	Malvinas	Cash km 13	1	8	8	6	1
27/03/2018	AM	2	Cash km 13	Cash 1	2	2	0	2	1
27/03/2018	AM	2	Cash 1	Malvinas	3	5	5	5	1
27/03/2018	AM	3	Malvinas	Cash km 39	1	10	10	5	1
27/03/2018	AM	3	Cash km 39	Cash 3	2	6	1	5	1
27/03/2018	AM	3	Cash 3	Malvinas	3	1	0	1	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
17/04/2018	AM	1	Malvinas	SM km 3+750	2	10	10	6	1
17/04/2018	AM	1	SM km 3+750	Pag A	3	6	2	4	1
17/04/2018	AM	1	Pag A	Malvinas	4	2	0	2	1
17/04/2018	AM	2	Malvinas	Cash km 7	1	4	4	4	1
17/04/2018	AM	2	Cash km 7	Malvinas	2	0	0	0	1
17/04/2018	AM	3	Malvinas	Mipaya	1	9	9	6	1
17/04/2018	AM	3	Mipaya	Mipaya km 3+600	2	10	7	8	1
17/04/2018	AM	3	Mipaya km 3+600	Mipaya km 24+700	3	2	0	0	1
17/04/2018	AM	3	Mipaya km 24+700	Pag B	4	10	8	7	1
17/04/2018	AM	3	Pag B	Malvinas	5	3	0	3	1
17/04/2018	AM	4	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	10	10	5	1
17/04/2018	AM	4	Cash km 19 lado A	SM 3	2	8	3	5	1
17/04/2018	AM	4	SM 3	Malvinas	3	3	0	3	1
17/04/2018	AM	5	Malvinas	Cash km 39	1	9	9	6	1
17/04/2018	AM	5	Cash km 39	Cash 3	2	5	2	3	1
17/04/2018	AM	5	Cash 3	Malvinas	3	6	4	6	1
17/04/2018	AM	6	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	10	10	1	1
17/04/2018	AM	6	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	9	0	9	1
17/04/2018	AM	6	Cash 1	Malvinas	3	10	10	10	1
17/04/2018	AM	7	Malvinas	SM 3	1	10	10	10	1
17/04/2018	AM	7	SM 3	Malvinas	2	2	2	2	1
17/04/2018	PM	1	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	0	0	0	1
17/04/2018	PM	1	Cash km 19 lado A	Cash km 13	2	6	6	0	1
17/04/2018	PM	1	Cash km 13	Malvinas	3	10	4	10	1
17/04/2018	PM	2	Malvinas	SM 3	1	1	1	0	1
17/04/2018	PM	2	SM 3	SM km 3+750	2	5	4	1	1
17/04/2018	PM	2	SM km 3+750	Malvinas	3	10	6	10	1
17/04/2018	PM	3	Malvinas	Cash 3	1	3	3	3	1
17/04/2018	PM	3	Cash 3	Cash 1	3	7	7	0	1
17/04/2018	PM	3	Cash 1	Malvinas	4	10	3	10	1
17/04/2018	PM	4	Malvinas	Cash km 39	3	1	1	0	1
17/04/2018	PM	4	Cash km 39	Cash 1	4	6	5	1	1
17/04/2018	PM	4	Cash 1	SM km 10 A	5	10	5	5	1
17/04/2018	PM	4	SM km 10 A	Malvinas	6	10	5	10	1
17/04/2018	PM	5	Malvinas	Mipaya km 3+600	1	1	1	0	1
17/04/2018	PM	5	Mipaya km 3+600	Mipaya	2	9	8	6	1
17/04/2018	PM	5	Mipaya	Malvinas	3	8	5	8	1
17/04/2018	PM	6	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	0	0	0	1
17/04/2018	PM	6	Cash km 19 lado A	Malvinas	2	9	9	9	1
17/04/2018	PM	7	Malvinas	Pag A	1	1	1	1	1
17/04/2018	PM	7	Pag A	Malvinas	2	5	5	5	1
21/04/2018	AM	1	Malvinas	Mipaya km 3+600	1	7	7	7	1
21/04/2018	AM	1	Mipaya km 3+600	Mipaya	2	0	0	0	1
21/04/2018	AM	1	Mipaya	Malvinas	3	4	4	4	1
21/04/2018	AM	2	Malvinas	Cash 1	1	9	9	3	1
21/04/2018	AM	2	Cash 1	Cash km 19 Lado B	2	6	0	3	1
21/04/2018	AM	2	Cash km 19 Lado B	Cash km 19 lado A	3	3	0	1	1
21/04/2018	AM	2	Cash km 19 lado A	Cash km 19 Lado B	4	10	8	10	1
21/04/2018	AM	2	Cash km 19 Lado B	Malvinas	5	0	0	0	1
21/04/2018	AM	3	Malvinas	SM 1	1	8	8	8	1
21/04/2018	AM	3	SM 1	Malvinas	2	0	0	0	1
21/04/2018	AM	4	Malvinas	SM km 3+750	1	10	10	1	1
21/04/2018	AM	4	SM km 3+750	SM 3	2	9	0	2	1
21/04/2018	AM	4	SM 3	Cash 3	3	7	0	4	1
21/04/2018	AM	4	Cash 3	Cash km 39	4	4	1	0	1
21/04/2018	AM	4	Cash km 39	Cash 1	5	5	1	3	1
21/04/2018	AM	4	Cash 1	Malvinas	6	6	4	6	1
21/04/2018	PM	1	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	2	2	2	1
21/04/2018	PM	1	Cash km 19 lado A	Cash km 19 Lado B	2	0	0	0	1
21/04/2018	PM	1	Cash km 19 Lado B	Malvinas	3	10	10	10	1
21/04/2018	PM	2	Malvinas	Mipaya	1	0	0	0	1
21/04/2018	PM	2	Mipaya	Mipaya km 3+600	2	3	3	0	1
21/04/2018	PM	2	Mipaya km 3+600	Pag B	3	10	7	3	1
21/04/2018	PM	2	Pag B	Pag A	4	7	0	0	1
21/04/2018	PM	2	Pag A	Malvinas	5	8	1	8	1
21/04/2018	PM	3	Malvinas	Segakiatto Pueblo	1	0	0	0	1
21/04/2018	PM	3	Segakiatto Pueblo	SM 1	2	1	1	0	1
21/04/2018	PM	3	SM 1	SM 3	3	4	3	0	1
21/04/2018	PM	3	SM 3	Malvinas	4	6	2	6	1
21/04/2018	PM	4	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	0	0	0	1
21/04/2018	PM	4	Cash km 19 Lado B	Cash 1	2	3	3	0	1
21/04/2018	PM	4	Cash 1	Malvinas	3	10	7	10	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
16/03/2018	PM	1	Malvinas	Mipaya	1	1	1	0	1
16/03/2018	PM	1	Mipaya	Pag A	2	4	3	2	1
16/03/2018	PM	1	Pag A	SM 1	3	2	0	1	1
16/03/2018	PM	1	SM 1	SM km 3+750	4	3	2	0	1
16/03/2018	PM	1	SM km 3+750	Malvinas	5	8	5	8	1
16/03/2018	PM	2	Malvinas	Cash 1	1	1	1	1	1
16/03/2018	PM	2	Cash 1	SM 3	2	7	7	1	1
16/03/2018	PM	2	SM 3	Cash km 19 lado A	3	6	0	2	1
16/03/2018	PM	2	Cash km 19 lado A	Malvinas	4	9	5	9	1
9/08/2018	PM	1	Malvinas	SM 3	1	1	1	0	1
9/08/2018	PM	1	SM 3	Pag B	2	3	2	1	1
9/08/2018	PM	1	Pag B	Pag Km 13 Sur	3	2	0	0	1
9/08/2018	PM	1	Pag Km 13 Sur	Malvinas	4	8	6	8	1
24/05/2018	PM	1	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	1
24/05/2018	PM	1	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	10	10	10	1
24/05/2018	PM	2	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	1
24/05/2018	PM	2	Pag Km 13 Sur	Cash 3	2	3	3	0	1
24/05/2018	PM	2	Cash 3	Cash km 39	3	9	6	5	1
24/05/2018	PM	2	Cash km 39	Cash 1	4	4	0	0	1
24/05/2018	PM	2	Cash 1	Malvinas	5	9	5	9	1
24/05/2018	PM	3	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	1
24/05/2018	PM	3	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	10	10	10	1
20/12/2017	PM	1	Malvinas	SM km 10 A	1	2	2	0	1
20/12/2017	PM	1	SM km 10 A	Cash km 13	2	3	1	0	1
20/12/2017	PM	1	Cash km 13	Cash km 39	3	10	7	7	1
20/12/2017	PM	1	Cash km 39	SM 3	4	5	2	3	1
20/12/2017	PM	1	SM 3	Malvinas	5	9	7	9	1
20/12/2017	PM	2	Malvinas	Cash 1	1	6	6	5	1
20/12/2017	PM	2	Cash 1	SM 1	2	1	0	0	1
20/12/2017	PM	2	SM 1	Cash 3	3	10	9	5	1
20/12/2017	PM	2	Cash 3	Cash km 39	4	6	1	0	1
20/12/2017	PM	2	Cash km 39	Malvinas	5	10	4	10	1
20/12/2017	PM	3	Malvinas	Cash km 13	1	0	0	0	1
20/12/2017	PM	3	Cash km 13	Malvinas	2	8	8	8	1
29/11/2018	AM	1	Malvinas	Mipaya	1	1	1	1	1
29/11/2018	AM	1	Mipaya	Malvinas	2	1	1	1	1
3/10/2018	AM	1	Malvinas	Mipaya km 3+600	1	9	9	1	1
3/10/2018	AM	1	Mipaya km 3+600	Mipaya km 3+400	2	9	1	6	1
3/10/2018	AM	1	Mipaya km 3+400	Pag B	3	3	0	0	1
3/10/2018	AM	1	Pag B	Pag A	4	5	2	3	1
3/10/2018	AM	1	Pag A	SM km 20	5	2	0	1	1
3/10/2018	AM	1	SM km 20	Cash 3	6	2	1	1	1
3/10/2018	AM	1	Cash 3	Malvinas	7	1	0	1	1
17/06/2018	AM	1	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	7	7	2	1
17/06/2018	AM	1	Cash km 19 lado A	SM km 20	2	5	0	0	1
17/06/2018	AM	1	SM km 20	Cash km 19 lado A	3	10	5	5	1
17/06/2018	AM	1	Cash km 19 lado A	Cash 1	4	6	1	5	1
17/06/2018	AM	1	Cash 1	Malvinas	5	7	6	7	1
24/05/2018	AM	1	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	11	11	11	1
24/05/2018	AM	1	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	0	0	0	1
24/05/2018	AM	2	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	10	10	10	1
24/05/2018	AM	2	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	0	0	0	1
6/05/2018	AM	1	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	8	8	8	1
6/05/2018	AM	1	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	0	0	0	1
20/12/2017	AM	1	Malvinas	Cash km 13	1	8	8	8	1
20/12/2017	AM	1	Cash km 13	SM 1	2	0	0	0	1
20/12/2017	AM	1	SM 1	SM km 20	3	9	9	2	1
20/12/2017	AM	1	SM km 20	Malvinas	4	7	0	7	1
20/12/2017	AM	2	Malvinas	Mipaya km 24+700	1	5	5	2	1
20/12/2017	AM	2	Mipaya km 24+700	Mipaya	2	10	7	7	1
20/12/2017	AM	2	Mipaya	Mipaya km 24+700	3	4	1	0	1
20/12/2017	AM	2	Mipaya km 24+700	Malvinas	4	7	3	7	1
20/12/2017	AM	3	Malvinas	Cash km 39	1	6	6	5	1
20/12/2017	AM	3	Cash km 39	Cash km 13	2	9	8	7	1
20/12/2017	AM	3	Cash km 13	SM km 3+750	3	2	0	1	1
20/12/2017	AM	3	SM km 3+750	SM 3	4	1	0	1	1
20/12/2017	AM	3	SM 3	Malvinas	5	10	10	10	1
20/12/2017	AM	4	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	5	5	0	1
20/12/2017	AM	4	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	6	1	3	1
20/12/2017	AM	4	Cash 1	Cash 3	3	3	0	2	1
20/12/2017	AM	4	Cash 3	SM 1	4	7	6	0	1
20/12/2017	AM	4	SM 1	Malvinas	5	10	3	10	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
2/08/2018	PM	1	Malvinas	Cash 1	1	0	0	0	1
2/08/2018	PM	1	Cash 1	Malvinas	2	8	8	8	1
2/08/2018	PM	2	Malvinas	Cash 1	1	0	0	0	1
2/08/2018	PM	2	Cash 1	Malvinas	2	10	10	10	1
2/08/2018	PM	3	Malvinas	Cash 1	1	0	0	0	1
2/08/2018	PM	3	Cash 1	Malvinas	2	10	10	10	1
2/08/2018	PM	6	Malvinas	Cash 3	1	0	0	0	2
2/08/2018	PM	6	Cash 3	SM 1	2	19	19	5	2
2/08/2018	PM	6	SM 1	Cash 3	3	17	3	0	2
2/08/2018	PM	6	Cash 3	Malvinas	4	18	1	18	2
6/11/2018	PM	1	Malvinas	Cash 1	1	2	2	1	1
6/11/2018	PM	1	Cash 1	Cash Pueblo	2	10	9	1	1
6/11/2018	PM	1	Cash Pueblo	Malvinas	3	9	0	9	1
6/11/2018	PM	2	Malvinas	SM 1	1	2	2	2	1
6/11/2018	PM	2	SM 1	Malvinas	2	10	10	10	1
6/11/2018	PM	3	Malvinas	Mipaya	1	0	0	0	1
6/11/2018	PM	3	Mipaya	Malvinas	2	3	3	3	1
6/11/2018	PM	4	Malvinas	Cash km 13	1	3	3	2	1
6/11/2018	PM	4	Cash km 13	Cash km 9+600	2	2	1	2	1
6/11/2018	PM	4	Cash km 9+600	Malvinas	3	10	10	10	1
6/11/2018	PM	5	Malvinas	Cash 3	1	1	1	1	1
6/11/2018	PM	5	Cash 3	Cash km 39	2	8	8	0	1
6/11/2018	PM	5	Cash km 39	Malvinas	3	9	1	9	1
6/11/2018	PM	6	Malvinas	Cash km 13	1	0	0	0	1
6/11/2018	PM	6	Cash km 13	Malvinas	2	8	8	8	1
6/11/2018	PM	7	Malvinas	Cash 1	1	10	10	7	1
6/11/2018	PM	7	Cash 1	Cash km 9+600	2	10	7	3	1
6/11/2018	PM	7	Cash km 9+600	Malvinas	3	9	2	9	1
6/11/2018	PM	8	Malvinas	Mipaya	1	1	1	1	1
6/11/2018	PM	8	Mipaya	Malvinas	2	10	10	10	1
6/11/2018	PM	9	Malvinas	SM 3	1	8	8	8	1
6/11/2018	PM	9	SM 3	SM km 20	2	8	8	0	1
6/11/2018	PM	9	SM km 20	Malvinas	3	9	1	9	1
3/11/2018	PM	1	Malvinas	Cash 2	1	2	2	0	1
3/11/2018	PM	1	Cash 2	Cash 1	2	8	6	8	1
3/11/2018	PM	1	Cash 1	Malvinas	3	6	6	6	1
3/11/2018	PM	2	Malvinas	Cash km 9+600	1	1	1	1	1
3/11/2018	PM	2	Cash km 9+600	Malvinas	2	8	8	8	1
3/11/2018	PM	3	Malvinas	SM 1	1	0	0	0	1
3/11/2018	PM	3	SM 1	SM 3	2	1	1	0	1
3/11/2018	PM	3	SM 3	Cash 3	3	2	1	0	1
3/11/2018	PM	3	Cash 3	Cash km 39	4	9	7	3	1
3/11/2018	PM	3	Cash km 39	Malvinas	5	7	1	7	1
2/10/2018	PM	1	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	5	5	0	1
2/10/2018	PM	1	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	8	3	5	1
2/10/2018	PM	1	Cash 1	Malvinas	3	10	7	10	1
2/10/2018	PM	2	Malvinas	Mipaya	1	6	6	1	1
2/10/2018	PM	2	Mipaya	Pag A	2	6	1	5	1
2/10/2018	PM	2	Pag A	Pag Km 13 Sur	3	5	4	0	1
2/10/2018	PM	2	Pag Km 13 Sur	Malvinas	4	10	5	10	1
2/10/2018	PM	3	Malvinas	Cash 1	1	1	1	0	1
2/10/2018	PM	3	Cash 1	Cash 3	2	2	1	0	1
2/10/2018	PM	3	Cash 3	SM 3	3	7	5	1	1
2/10/2018	PM	3	SM 3	Malvinas	4	10	4	10	1
2/10/2018	PM	4	Malvinas	SM km 3+750	1	3	3	0	1
2/10/2018	PM	4	SM km 3+750	SM 1	2	4	1	3	1
2/10/2018	PM	4	SM 1	Malvinas	3	9	8	9	1
2/10/2018	PM	5	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	1
2/10/2018	PM	5	Pag Km 13 Sur	SM km 10 A	2	2	2	0	1
2/10/2018	PM	5	SM km 10 A	Malvinas	3	10	8	10	1
2/10/2018	PM	6	Malvinas	Cash 3	1	1	1	1	1
2/10/2018	PM	6	Cash 3	Malvinas	2	10	10	10	1
2/10/2018	PM	7	Malvinas	SM km 20	1	5	5	4	1
2/10/2018	PM	7	SM km 20	Segakiato Pueblo	2	5	4	1	1
2/10/2018	PM	7	Segakiato Pueblo	SM km 10 A	3	6	2	0	1
2/10/2018	PM	7	SM km 10 A	Malvinas	4	10	4	10	1
2/10/2018	PM	8	Malvinas	Cash 1	1	0	0	0	1
2/10/2018	PM	8	Cash 1	Malvinas	2	10	10	10	1
2/10/2018	PM	9	Malvinas	Cash km 13	1	0	0	0	1
2/10/2018	PM	9	Cash km 13	Cash km 19 lado A	2	8	8	0	1
2/10/2018	PM	9	Cash km 19 lado A	Malvinas	3	10	2	10	1
2/10/2018	PM	10	Malvinas	Cash km 9+600	2	1	1	1	1
2/10/2018	PM	10	Cash km 9+600	Cash km 19 lado A	3	8	8	0	1
2/10/2018	PM	10	Cash km 19 lado A	Malvinas	4	10	2	10	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
17/09/2018	PM	1	Malvinas	SM 1	1	2	2	2	1
17/09/2018	PM	1	SM 1	Malvinas	2	10	10	10	1
17/09/2018	PM	2	Malvinas	SM km 20	1	2	2	0	1
17/09/2018	PM	2	SM km 20	SM km 3+750	2	3	1	0	1
17/09/2018	PM	2	SM km 3+750	SM 3	3	4	1	2	1
17/09/2018	PM	2	SM 3	Malvinas	4	7	5	7	1
17/09/2018	PM	3	Malvinas	Mipaya	1	0	0	0	1
17/09/2018	PM	3	Mipaya	Malvinas	2	9	9	9	1
17/09/2018	PM	4	Malvinas	Cash km 9+600	1	1	1	1	1
17/09/2018	PM	4	Cash km 9+600	Cash km 13	2	8	8	0	1
17/09/2018	PM	4	Cash km 13	Malvinas	3	10	2	10	1
17/09/2018	PM	5	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	1
17/09/2018	PM	5	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	8	8	8	1
17/09/2018	PM	6	Malvinas	Mipaya km 24+700	1	0	0	0	1
17/09/2018	PM	6	Mipaya km 24+700	Pag A	2	2	2	0	1
17/09/2018	PM	6	Pag A	Malvinas	3	6	4	6	1
17/09/2018	PM	8	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	4	4	0	2
17/09/2018	PM	8	Cash km 19 Lado B	Cash 1	2	8	4	3	2
17/09/2018	PM	8	Cash 1	Cash 3	3	5	0	1	2
17/09/2018	PM	8	Cash 3	Cash 1	4	8	4	0	2
17/09/2018	PM	8	Cash 1	Malvinas	5	16	8	16	2
25/08/2018	PM	1	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	1
25/08/2018	PM	1	Pag Km 13 Sur	Pag A	2	2	2	0	1
25/08/2018	PM	1	Pag A	Pag B	3	8	6	6	1
25/08/2018	PM	1	Pag B	Mipaya	4	2	0	0	1
25/08/2018	PM	1	Mipaya	Pag A	5	5	3	0	1
25/08/2018	PM	1	Pag A	Malvinas	6	10	5	10	1
25/08/2018	PM	2	Malvinas	SM 1	1	3	3	1	1
25/08/2018	PM	2	SM 1	SM 3	2	2	0	0	1
25/08/2018	PM	2	SM 3	Cash 3	3	5	3	2	1
25/08/2018	PM	2	Cash 3	Cashiriari km 43+500	4	6	3	0	1
25/08/2018	PM	2	Cashiriari km 43+500	Cash km 39	5	8	2	2	1
25/08/2018	PM	2	Cash km 39	Cash 1	6	6	0	0	1
25/08/2018	PM	2	Cash 1	Malvinas	7	10	4	10	1
25/08/2018	PM	3	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	1	1	0	1
25/08/2018	PM	3	Cash km 19 lado A	Cash km 9+600	2	9	8	1	1
25/08/2018	PM	3	Cash km 9+600	Malvinas	3	10	2	10	1
25/08/2018	PM	4	Malvinas	SM km 20	1	0	0	0	1
25/08/2018	PM	4	SM km 20	SM 1	2	2	2	0	1
25/08/2018	PM	4	SM 1	Malvinas	3	9	7	9	1
25/08/2018	PM	5	Malvinas	Cash km 9+600	1	1	1	0	1
25/08/2018	PM	5	Cash km 9+600	Cash 1	2	5	4	2	1
25/08/2018	PM	5	Cash 1	Cashiriari km 43+500	4	5	2	0	1
25/08/2018	PM	5	Cashiriari km 43+500	Cash km 39	5	10	5	5	1
25/08/2018	PM	5	Cash km 39	Pag Km 13 Sur	6	5	0	0	1
25/08/2018	PM	5	Pag Km 13 Sur	Malvinas	7	10	5	10	1
10/07/2018	PM	1	Malvinas	Pag A	1	10	10	9	1
10/07/2018	PM	1	Pag A	Pag Km 13 Sur	2	8	7	1	1
10/07/2018	PM	1	Pag Km 13 Sur	Malvinas	3	10	3	10	1
10/07/2018	PM	2	Malvinas	SM 3	1	10	10	3	1
10/07/2018	PM	2	SM 3	SM 1	2	10	3	7	1
10/07/2018	PM	2	SM 1	Malvinas	3	10	7	10	1
19/03/2018	PM	1	Malvinas	Cash 1	1	10	10	8	1
19/03/2018	PM	1	Cash 1	Cash 3	2	7	5	2	1
19/03/2018	PM	1	Cash 3	Malvinas	3	10	5	10	1
19/03/2018	PM	2	Malvinas	SM 3	1	10	10	10	1
19/03/2018	PM	2	SM 3	Malvinas	2	1	1	1	1
19/03/2018	PM	3	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	9	9	4	1
19/03/2018	PM	3	Cash km 19 lado A	SM 1	2	10	5	5	1
19/03/2018	PM	3	SM 1	Malvinas	3	9	4	9	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
23/04/2018	PM	1	Malvinas	SM km 20	1	0	0	0	1
23/04/2018	PM	1	SM km 20	Mipaya	2	8	8	5	1
23/04/2018	PM	1	Mipaya	Malvinas	3	10	7	10	1
23/04/2018	PM	2	Malvinas	SM 3	1	1	1	1	1
23/04/2018	PM	2	SM 3	SM 1	2	9	9	5	1
23/04/2018	PM	2	SM 1	Cash km 19 lado A	3	4	0	0	1
23/04/2018	PM	2	Cash km 19 lado A	Malvinas	4	7	3	7	1
23/04/2018	PM	3	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	2	2	0	1
23/04/2018	PM	3	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	10	8	7	1
23/04/2018	PM	3	Cash 1	Malvinas	3	10	7	10	1
23/04/2018	PM	4	Malvinas	Cash 1	1	10	10	7	1
23/04/2018	PM	4	Cash 1	Cash 3	2	5	2	0	1
23/04/2018	PM	4	Cash 3	SM Este	3	10	5	3	1
23/04/2018	PM	4	SM Este	Malvinas	4	10	3	10	1
23/06/2018	PM	1	Malvinas	Cash 1	1	1	1	1	1
23/06/2018	PM	1	Cash 1	Cash km 19 lado A	2	4	4	0	1
23/06/2018	PM	1	Cash km 19 lado A	Malvinas	3	9	5	9	1
23/06/2018	PM	2	Malvinas	Mipaya km 24+700	1	0	0	0	1
23/06/2018	PM	2	Mipaya km 24+700	Malvinas	2	10	10	10	1
23/06/2018	PM	3	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	1	1	0	1
23/06/2018	PM	3	Pag Km 13 Sur	Pag A	2	3	2	1	1
23/06/2018	PM	3	Pag A	Mipaya	3	8	6	1	1
23/06/2018	PM	3	Mipaya	Mipaya km 24+700	4	7	0	0	1
23/06/2018	PM	3	Mipaya km 24+700	Malvinas	5	10	3	10	1
23/06/2018	PM	4	Malvinas	CCNN Segakiato	1	0	0	0	1
23/06/2018	PM	4	CCNN Segakiato	SM 1	2	4	4	0	1
23/06/2018	PM	4	SM 1	SM km 10 A	3	7	3	0	1
23/06/2018	PM	4	SM km 10 A	Malvinas	4	9	2	9	1
23/06/2018	PM	5	Malvinas	SM 3	1	9	9	8	1
23/06/2018	PM	5	SM 3	Cash 1	2	3	2	0	1
23/06/2018	PM	5	Cash 1	Cash 3	3	6	3	4	1
23/06/2018	PM	5	Cash 3	Cash km 39	4	9	7	0	1
23/06/2018	PM	5	Cash km 39	Malvinas	6	10	1	10	1
27/01/2018	PM	1	Malvinas	SM 1	1	1	1	0	1
27/01/2018	PM	1	SM 1	SM km 3+750	2	3	2	1	1
27/01/2018	PM	1	SM km 3+750	Cash 3	3	2	0	0	1
27/01/2018	PM	1	Cash 3	Cash km 39	4	9	7	1	1
27/01/2018	PM	1	Cash km 39	Malvinas	5	10	2	10	1
27/01/2018	PM	2	Malvinas	Cash 2	1	0	0	0	1
27/01/2018	PM	2	Cash 2	Cash 1	2	9	9	6	1
27/01/2018	PM	2	Cash 1	Cash km 39	3	6	3	0	1
27/01/2018	PM	2	Cash km 39	SM km 10 A	4	10	4	1	1
27/01/2018	PM	2	SM km 10 A	Malvinas	5	9	0	9	1
27/01/2018	PM	3	Malvinas	Mipaya	1	5	5	5	1
27/01/2018	PM	3	Mipaya	Cash km 13	2	4	4	0	1
27/01/2018	PM	3	Cash km 13	Malvinas	3	8	4	8	1
20/01/2018	PM	1	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	10	10	3	1
20/01/2018	PM	1	Cash km 19 lado A	Cash 2	2	7	0	0	1
20/01/2018	PM	1	Cash 2	Cash 1	3	10	3	7	1
20/01/2018	PM	1	Cash 1	Cash 3	4	9	6	2	1
20/01/2018	PM	1	Cash 3	Malvinas	5	10	3	10	1
20/01/2018	PM	2	Malvinas	Pag A	1	8	8	0	1
20/01/2018	PM	2	Pag A	Mipaya km 24+700	2	9	1	7	1
20/01/2018	PM	2	Mipaya km 24+700	Mipaya	3	2	0	1	1
20/01/2018	PM	2	Mipaya	Malvinas	4	6	5	6	1
20/01/2018	PM	3	Malvinas	Mipaya	1	0	0	0	1
20/01/2018	PM	3	Mipaya	Malvinas	2	10	10	10	1
20/01/2018	PM	4	Malvinas	SM 1	1	4	4	1	1
20/01/2018	PM	4	SM 1	SM 3	2	10	7	6	1
20/01/2018	PM	4	SM 3	Malvinas	3	5	1	5	1
20/01/2018	PM	5	Malvinas	Cash 2	1	3	3	0	1
20/01/2018	PM	5	Cash 2	Cash 1	2	10	7	10	1
20/01/2018	PM	5	Cash 1	Cash km 39	3	2	2	0	1
20/01/2018	PM	5	Cash km 39	Cash km 19 lado A	4	10	8	7	1
20/01/2018	PM	5	Cash km 19 lado A	Malvinas	5	3	0	3	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
19/06/2018	PM	1	Malvinas	Mipaya	1	6	6	2	1
19/06/2018	PM	1	Mipaya	Mipaya km 3+400	2	8	4	0	1
19/06/2018	PM	1	Mipaya km 3+400	Pag Km 13 Sur	3	10	2	4	1
19/06/2018	PM	1	Pag Km 13 Sur	Malvinas	4	10	4	10	1
19/06/2018	PM	2	Malvinas	Cash 1	1	3	3	0	1
19/06/2018	PM	2	Cash 1	SM 1	2	7	4	4	1
19/06/2018	PM	2	SM 1	Malvinas	3	10	7	10	1
19/06/2018	PM	3	Malvinas	SM km 20	1	8	8	1	1
19/06/2018	PM	3	SM km 20	SM 3	2	7	0	7	1
19/06/2018	PM	3	SM 3	Malvinas	3	9	9	9	1
19/06/2018	PM	4	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	10	10	5	1
19/06/2018	PM	4	Pag Km 13 Sur	Pag A	2	8	3	5	1
19/06/2018	PM	4	Pag A	Malvinas	3	9	6	9	1
19/06/2018	PM	5	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	1	1	1	1
19/06/2018	PM	5	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	10	10	10	1
19/06/2018	PM	6	Malvinas	SM km 10 A	1	0	0	0	1
19/06/2018	PM	6	SM km 10 A	Malvinas	2	7	7	7	1
19/06/2018	PM	7	Malvinas	Mipaya	1	0	0	0	1
19/06/2018	PM	7	Mipaya	Malvinas	2	10	10	10	1
19/06/2018	PM	8	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	0	0	0	1
19/06/2018	PM	8	Cash km 19 Lado B	Cash km 39	2	4	4	0	1
19/06/2018	PM	8	Cash km 39	Malvinas	3	10	6	10	1
19/06/2018	PM	9	Malvinas	Cash 1	1	4	4	3	1
19/06/2018	PM	9	Cash 1	Cash 3	2	2	1	1	1
19/06/2018	PM	9	Cash 3	Malvinas	3	10	9	10	1
12/02/2018	PM	1	Malvinas	Cash 1	1	10	10	10	1
12/02/2018	PM	1	Cash 1	Malvinas	2	6	6	6	1
12/02/2018	PM	2	Malvinas	Mipaya	1	10	10	9	1
12/02/2018	PM	2	Mipaya	Mipaya km 24+700	2	2	1	0	1
12/02/2018	PM	2	Mipaya km 24+700	Saniri	3	3	1	2	1
12/02/2018	PM	2	Saniri	Malvinas	4	1	0	1	1
12/02/2018	PM	5	Malvinas	CCNN Segakiato	1	19	19	2	2
12/02/2018	PM	5	CCNN Segakiato	SM 1	2	17	0	12	2
12/02/2018	PM	5	SM 1	SM 3	3	12	7	8	2
12/02/2018	PM	5	SM 3	Malvinas	4	9	5	9	2
11/08/2018	PM	1	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	1
11/08/2018	PM	1	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	8	8	8	1
11/08/2018	PM	2	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	2	2	0	1
11/08/2018	PM	2	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	7	5	0	1
11/08/2018	PM	2	Cash 1	Cash 3	3	10	3	1	1
11/08/2018	PM	2	Cash 3	SM 3	4	9	0	7	1
11/08/2018	PM	2	SM 3	SM km 3+750	5	4	2	0	1
11/08/2018	PM	2	SM km 3+750	Malvinas	6	9	5	9	1
11/08/2018	PM	3	Malvinas	Segakiato Pueblo	1	1	1	1	1
11/08/2018	PM	3	Segakiato Pueblo	SM km 20	2	0	0	0	1
11/08/2018	PM	3	SM km 20	Malvinas	3	6	6	6	1
11/08/2018	PM	4	Malvinas	Pag A	1	3	3	3	1
11/08/2018	PM	4	Pag A	Malvinas	2	10	10	10	1
11/08/2018	PM	5	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	2	2	1	1
11/08/2018	PM	5	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	1	0	0	1
11/08/2018	PM	5	Cash 1	SM km 3+750	3	4	3	1	1
11/08/2018	PM	5	SM km 3+750	SM 1	4	3	0	0	1
11/08/2018	PM	5	SM 1	Malvinas	5	10	7	10	1
11/08/2018	PM	7	Malvinas	Mipaya	1	1	1	1	2
11/08/2018	PM	7	Mipaya	Pag B	2	11	11	1	2
11/08/2018	PM	7	Pag B	Pag A	3	10	0	0	2
11/08/2018	PM	7	Pag A	Malvinas	4	13	3	13	2

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
30/04/2018	PM	1	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	0	0	0	1
30/04/2018	PM	1	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	6	6	0	1
30/04/2018	PM	1	Cash 1	Malvinas	3	10	4	10	1
30/04/2018	PM	2	Malvinas	Cash km 13	1	0	0	0	1
30/04/2018	PM	2	Cash km 13	Cash km 19 lado A	2	7	7	0	1
30/04/2018	PM	2	Cash km 19 lado A	Malvinas	3	10	3	10	1
30/04/2018	PM	3	Malvinas	Cash 1	1	4	4	2	1
30/04/2018	PM	3	Cash 1	Cash 3	2	5	3	2	1
30/04/2018	PM	3	Cash 3	SM 3	3	7	4	0	1
30/04/2018	PM	3	SM 3	Malvinas	4	10	3	10	1
30/04/2018	PM	4	Malvinas	SM km 3+750	1	0	0	0	1
30/04/2018	PM	4	SM km 3+750	SM 1	2	9	9	0	1
30/04/2018	PM	4	SM 1	Malvinas	3	10	1	10	1
30/04/2018	PM	9	Malvinas	SM km 10 A	1	0	0	0	2
30/04/2018	PM	9	SM km 10 A	CCNN Segakiato	2	13	13	0	2
30/04/2018	PM	9	CCNN Segakiato	Mipaya	3	14	1	0	2
30/04/2018	PM	9	Mipaya	Malvinas	4	17	3	17	2
30/04/2018	PM	10	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	2
30/04/2018	PM	10	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	19	19	19	2
25/05/2018	PM	1	Malvinas	SM 3	1	1	1	1	1
25/05/2018	PM	1	SM 3	SM km 3+750	2	5	5	0	1
25/05/2018	PM	1	SM km 3+750	SM 1	3	10	5	5	1
25/05/2018	PM	1	SM 1	Cash km 19 lado A	4	8	3	0	1
25/05/2018	PM	1	Cash km 19 lado A	Malvinas	5	10	2	10	1
25/05/2018	PM	2	Malvinas	Mipaya km 24+700	1	3	3	0	1
25/05/2018	PM	2	Mipaya km 24+700	Mipaya	2	9	6	3	1
25/05/2018	PM	2	Mipaya	Malvinas	3	8	2	8	1
25/05/2018	PM	3	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	1	1	1	1
25/05/2018	PM	3	Cash km 19 lado A	Malvinas	2	10	10	10	1
25/05/2018	PM	4	Malvinas	Cash 1	1	1	1	1	1
25/05/2018	PM	4	Cash 1	Cash km 39	2	8	8	0	1
25/05/2018	PM	4	Cash km 39	Malvinas	3	9	1	9	1
25/05/2018	PM	5	Malvinas	SM km 10 A	1	1	1	0	1
25/05/2018	PM	5	SM km 10 A	SM 1	2	5	4	1	1
25/05/2018	PM	5	SM 1	SM km 20	3	7	3	0	1
25/05/2018	PM	5	SM km 20	Malvinas	4	8	1	8	1
25/05/2018	PM	6	Malvinas	Cash km 39	1	1	1	0	1
25/05/2018	PM	6	Cash km 39	Cash 3	2	6	5	6	1
25/05/2018	PM	6	Cash 3	Malvinas	3	10	10	10	1
25/05/2018	PM	8	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	0	0	0	2
25/05/2018	PM	8	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	17	17	17	2
11/12/2018	AM	1	Malvinas	Cash 1	1	9	9	9	1
11/12/2018	AM	1	Cash 1	Malvinas	2	9	9	9	1
11/12/2018	AM	2	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	7	7	1	1
11/12/2018	AM	2	Cash km 19 lado A	Cash km 9+600	2	7	1	3	1
11/12/2018	AM	2	Cash km 9+600	Cash km 13	3	5	1	3	1
11/12/2018	AM	2	Cash km 13	Cash km 23+500	4	8	6	1	1
11/12/2018	AM	2	Cash km 23+500	Malvinas	5	7	0	7	1
11/12/2018	AM	3	Malvinas	SM km 20	1	10	10	1	1
11/12/2018	AM	3	SM km 20	SM 1	2	9	0	7	1
11/12/2018	AM	3	SM 1	Mipaya km 24+700	3	2	0	0	1
11/12/2018	AM	3	Mipaya km 24+700	Mipaya	4	8	6	2	1
11/12/2018	AM	3	Mipaya	Malvinas	5	6	0	6	1
11/12/2018	AM	4	Malvinas	Cash 3	1	10	10	7	1
11/12/2018	AM	4	Cash 3	Cash km 39	2	5	2	1	1
11/12/2018	AM	4	Cash km 39	Cash km 9+600	3	4	0	2	1
11/12/2018	AM	4	Cash km 9+600	Malvinas	4	10	8	10	1
11/12/2018	AM	5	Malvinas	SM 3	1	9	9	6	1
11/12/2018	AM	5	SM 3	SM km 3+750	2	4	1	2	1
11/12/2018	AM	5	SM km 3+750	SM 1	3	5	3	1	1
11/12/2018	AM	5	SM 1	Malvinas	4	8	4	8	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
8/12/2018	AM	1	Malvinas	SM 1	1	9	9	1	1
8/12/2018	AM	1	SM 1	SM km 20	2	10	2	8	1
8/12/2018	AM	1	SM km 20	Malvinas	3	2	0	2	1
8/12/2018	AM	2	Malvinas	Cash km 7	1	8	8	5	1
8/12/2018	AM	2	Cash km 7	Mipaya km 3+400	2	3	0	2	1
8/12/2018	AM	2	Mipaya km 3+400	Mipaya	3	1	0	1	1
8/12/2018	AM	2	Mipaya	Malvinas	4	8	8	8	1
8/12/2018	AM	3	Malvinas	Cash km 13	1	10	10	2	1
8/12/2018	AM	3	Cash km 13	Cash km 9+600	2	10	2	10	1
8/12/2018	AM	3	Cash km 9+600	Malvinas	3	5	5	5	1
8/12/2018	AM	4	Malvinas	Cash km 9+600	1	13	13	1	1
8/12/2018	AM	4	Cash km 9+600	SM 3	2	13	1	2	1
8/12/2018	AM	4	SM 3	SM km 3+750	3	13	2	5	1
8/12/2018	AM	4	SM km 3+750	SM 1	4	8	0	3	1
8/12/2018	AM	4	SM 1	Malvinas	5	5	0	2	1
8/12/2018	AM	5	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	13	10	3	1
8/12/2018	AM	5	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	10	0	5	1
8/12/2018	AM	5	Cash 1	Cash km 39	3	6	1	2	1
8/12/2018	AM	5	Cash km 39	Cash 3	4	7	3	0	1
8/12/2018	AM	5	Cash 3	Malvinas	5	8	1	5	1
8/12/2018	AM	6	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	13	10	10	1
8/12/2018	AM	6	Cash km 19 Lado B	Malvinas	2	3	0	0	1
27/11/2018	AM	1	Malvinas	Mipaya	1	8	8	5	1
27/11/2018	AM	1	Mipaya	Mipaya km 24+700	2	9	6	3	1
27/11/2018	AM	1	Mipaya km 24+700	Pag B	3	6	0	0	1
27/11/2018	AM	1	Pag B	Pag A	4	7	1	1	1
27/11/2018	AM	1	Pag A	Malvinas	5	6	0	6	1
27/11/2018	AM	2	Malvinas	Cash 1	1	7	7	2	1
27/11/2018	AM	2	Cash 1	Cash 3	2	6	1	3	1
27/11/2018	AM	2	Cash 3	Cash km 39	3	6	3	2	1
27/11/2018	AM	2	Cash km 39	Cash km 13	4	6	2	1	1
27/11/2018	AM	2	Cash km 13	Malvinas	5	10	5	10	1
27/11/2018	AM	3	Malvinas	SM 3	1	8	8	4	1
27/11/2018	AM	3	SM 3	SM km 3+750	2	8	4	1	1
27/11/2018	AM	3	SM km 3+750	SM 1	3	9	2	3	1
27/11/2018	AM	3	SM 1	SM km 20	4	9	3	1	1
27/11/2018	AM	3	SM km 20	Malvinas	5	8	0	8	1
27/11/2018	AM	4	Malvinas	Cash km 13	1	5	5	5	1
27/11/2018	AM	4	Cash km 13	Cash km 23+500	2	10	10	5	1
27/11/2018	AM	4	Cash km 23+500	Malvinas	3	5	0	5	1
27/11/2018	AM	5	Malvinas	Cash km 9+600	1	3	3	3	1
27/11/2018	AM	5	Cash km 9+600	Malvinas	2	9	9	9	1
27/11/2018	AM	6	Malvinas	Cash 1	1	5	5	0	1
27/11/2018	AM	6	Cash 1	Cash km 9+600	2	10	5	6	1
27/11/2018	AM	6	Cash km 9+600	Malvinas	3	10	6	10	1
14/07/2018	AM	1	Malvinas	SM km 10 A	1	9	9	4	1
14/07/2018	AM	1	SM km 10 A	CCNN Segakiato	2	5	0	1	1
14/07/2018	AM	1	CCNN Segakiato	SM km 20	3	6	2	0	1
14/07/2018	AM	1	SM km 20	Cash km 19 lado A	4	8	2	4	1
14/07/2018	AM	1	Cash km 19 lado A	Malvinas	5	5	1	5	1
14/07/2018	AM	2	Malvinas	SM km 10 A	1	10	10	10	1
14/07/2018	AM	2	SM km 10 A	Malvinas	2	0	0	0	1
14/07/2018	AM	3	Malvinas	SM km 20	1	10	10	3	1
14/07/2018	AM	3	SM km 20	SM 1	2	7	0	0	1
14/07/2018	AM	3	SM 1	SM km 3+750	3	10	3	2	1
14/07/2018	AM	3	SM km 3+750	Kimaro	4	8	0	5	1
14/07/2018	AM	3	Kimaro	SM 3	5	3	0	0	1
14/07/2018	AM	3	SM 3	Malvinas	6	10	7	10	1
14/07/2018	AM	4	Malvinas	Mipaya	1	8	8	8	1
14/07/2018	AM	4	Mipaya	Malvinas	2	3	3	3	1
14/07/2018	AM	5	Malvinas	Cash km 7	1	7	7	7	1
14/07/2018	AM	5	Cash km 7	Malvinas	2	0	0	0	1
14/07/2018	AM	6	Malvinas	Cash 1	1	10	10	6	1
14/07/2018	AM	6	Cash 1	Cash 3	2	4	0	0	1
14/07/2018	AM	6	Cash 3	Cash km 39	3	7	3	4	1
14/07/2018	AM	6	Cash km 39	Cash 1	4	3	0	0	1
14/07/2018	AM	6	Cash 1	Malvinas	5	7	4	7	1
14/07/2018	AM	7	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	10	10	1	1
14/07/2018	AM	7	Pag Km 13 Sur	Pag A	2	10	1	6	1
14/07/2018	AM	7	Pag A	Mipaya km 24+700	3	10	6	4	1
14/07/2018	AM	7	Mipaya km 24+700	Pag Km 13 Sur	4	7	1	1	1
14/07/2018	AM	7	Pag Km 13 Sur	Malvinas	5	6	0	6	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
27/04/2018	AM	1	Malvinas	SM 3	1	11	11	11	1
27/04/2018	AM	1	SM 3	Cash 3	2	0	0	0	1
27/04/2018	AM	1	Cash 3	Cash 1	3	7	7	7	1
27/04/2018	AM	1	Cash 1	Malvinas	4	8	8	8	1
27/04/2018	AM	2	Malvinas	Cash 1	1	6	6	6	1
27/04/2018	AM	2	Cash 1	Malvinas	2	0	0	0	1
27/04/2018	AM	3	Malvinas	Mipaya	1	11	11	4	1
27/04/2018	AM	3	Mipaya	Mipaya km 3+600	2	8	1	6	1
27/04/2018	AM	3	Mipaya km 3+600	Mipaya km 24+700	3	2	0	1	1
27/04/2018	AM	3	Mipaya km 24+700	Malvinas	4	1	0	1	1
27/04/2018	AM	4	Malvinas	CCNN Segakiato	1	11	11	2	1
27/04/2018	AM	4	CCNN Segakiato	SM 1	2	9	0	5	1
27/04/2018	AM	4	SM 1	SM km 20	3	6	2	4	1
27/04/2018	AM	4	SM km 20	Malvinas	4	2	0	2	1
27/04/2018	AM	5	Malvinas	SM 3	1	11	11	10	1
27/04/2018	AM	5	SM 3	SM km 3+750	2	7	6	1	1
27/04/2018	AM	5	SM km 3+750	Malvinas	3	9	3	9	1
27/04/2018	AM	6	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	11	11	4	1
27/04/2018	AM	6	Cash km 19 lado A	Cash km 39	2	7	0	0	1
27/04/2018	AM	6	Cash km 39	Cash 3	3	8	1	6	1
27/04/2018	AM	6	Cash 3	SM 3	4	11	9	3	1
27/04/2018	AM	6	SM 3	Malvinas	5	8	0	8	1
16/12/2017	AM	1	Malvinas	Cash km 39	1	8	8	2	1
16/12/2017	AM	1	Cash km 39	Cash 3	2	6	0	5	1
16/12/2017	AM	1	Cash 3	SM 3	3	1	0	1	1
16/12/2017	AM	1	SM 3	Malvinas	4	5	5	5	1
16/12/2017	AM	2	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	9	9	5	1
16/12/2017	AM	2	Cash km 19 Lado B	Cash 1	2	4	0	4	1
16/12/2017	AM	2	Cash 1	Malvinas	3	10	10	10	1
16/12/2017	AM	3	Malvinas	Mipaya	1	10	10	3	1
16/12/2017	AM	3	Mipaya	Mipaya km 24+700	2	9	2	7	1
16/12/2017	AM	3	Mipaya km 24+700	Pag A	3	3	1	0	1
16/12/2017	AM	3	Pag A	Malvinas	4	5	2	5	1
16/12/2017	AM	4	Malvinas	SM 1	1	10	10	10	1
16/12/2017	AM	4	SM 1	SM km 10 A	2	8	8	5	1
16/12/2017	AM	4	SM km 10 A	Malvinas	3	3	0	3	1
17/08/2018	PM	1	Malvinas	Cash km 13	1	2	2	2	1
17/08/2018	PM	1	Cash km 13	SM km 20	2	5	5	0	1
17/08/2018	PM	1	SM km 20	Malvinas	3	9	4	9	1
17/08/2018	PM	2	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	0	0	0	1
17/08/2018	PM	2	Cash km 19 Lado B	Cash km 9+600	2	4	4	0	1
17/08/2018	PM	2	Cash km 9+600	Malvinas	3	10	6	10	1
17/08/2018	PM	3	Malvinas	Cash km 13	1	4	4	0	1
17/08/2018	PM	3	Cash km 13	Cash 1	2	5	1	3	1
17/08/2018	PM	3	Cash 1	Cash km 39	3	6	4	0	1
17/08/2018	PM	3	Cash km 39	Cash 3	4	11	5	5	1
17/08/2018	PM	3	Cash 3	SM 3	5	10	4	2	1
17/08/2018	PM	3	SM 3	Malvinas	7	10	2	10	1
17/08/2018	PM	4	Malvinas	Pag A	1	7	7	7	1
17/08/2018	PM	4	Pag A	Mipaya km 24+700	2	0	0	0	1
17/08/2018	PM	4	Mipaya km 24+700	Mipaya	3	7	7	6	1
17/08/2018	PM	4	Mipaya	Mipaya km 24+700	4	1	0	0	1
17/08/2018	PM	4	Mipaya km 24+700	Saniri	5	7	6	6	1
17/08/2018	PM	4	Saniri	Pag A	6	1	0	0	1
17/08/2018	PM	4	Pag A	Malvinas	7	7	6	7	1
17/08/2018	PM	5	Malvinas	Cash km 9+600	1	1	1	1	1
17/08/2018	PM	5	Cash km 9+600	Cash km 19 lado A	2	6	6	0	1
17/08/2018	PM	5	Cash km 19 lado A	Malvinas	3	11	5	11	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
13/07/2018	AM	1	Malvinas	Kimaro	2	10	10	6	1
13/07/2018	AM	1	Kimaro	SM 3	3	4	0	4	1
13/07/2018	AM	1	SM 3	Malvinas	5	9	9	9	1
13/07/2018	AM	2	Malvinas	Pag A	1	10	10	7	1
13/07/2018	AM	2	Pag A	Pag Km 13 Sur	2	9	6	9	1
13/07/2018	AM	2	Pag Km 13 Sur	Malvinas	3	1	1	1	1
13/07/2018	AM	3	Malvinas	CCNN Segakiato	1	8	8	2	1
13/07/2018	AM	3	CCNN Segakiato	SM 1	2	7	1	6	1
13/07/2018	AM	3	SM 1	Malvinas	3	1	0	1	1
13/07/2018	AM	4	Malvinas	Cash 1	1	9	9	9	1
13/07/2018	AM	4	Cash 1	Malvinas	2	9	9	9	1
13/07/2018	AM	5	Malvinas	SM km 10 A	1	10	10	10	1
13/07/2018	AM	5	SM km 10 A	Malvinas	2	0	0	0	1
13/07/2018	AM	6	Malvinas	Cash 3	1	10	10	9	1
13/07/2018	AM	6	Cash 3	SM 3	2	7	6	1	1
13/07/2018	AM	6	SM 3	SM km 3+750	3	8	2	5	1
13/07/2018	AM	6	SM km 3+750	SM 1	4	3	0	2	1
13/07/2018	AM	6	SM 1	Malvinas	5	7	6	7	1
13/07/2018	AM	7	Malvinas	Pag A	1	10	10	10	1
13/07/2018	AM	7	Pag A	Malvinas	2	5	5	5	1
13/07/2018	AM	8	Malvinas	SM 3	1	10	10	10	1
13/07/2018	AM	8	SM 3	Cash Pueblo	2	0	0	0	1
13/07/2018	AM	8	Cash Pueblo	Malvinas	3	2	2	2	1
13/07/2018	AM	9	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	7	7	7	1
13/07/2018	AM	9	Cash km 19 lado A	Malvinas	2	1	1	1	1
13/07/2018	AM	10	Malvinas	Cash km 7	1	9	9	9	1
13/07/2018	AM	10	Cash km 7	Malvinas	2	0	0	0	1
13/07/2018	AM	12	Malvinas	Mipaya km 24+700	1	18	18	6	2
13/07/2018	AM	12	Mipaya km 24+700	Mipaya	2	12	0	12	2
13/07/2018	AM	12	Mipaya	Malvinas	3	1	1	1	2
28/08/2018	AM	1	Malvinas	Pag B	1	9	9	0	1
28/08/2018	AM	1	Pag B	Mipaya km 24+700	2	10	1	1	1
28/08/2018	AM	1	Mipaya km 24+700	Mipaya	3	9	0	9	1
28/08/2018	AM	1	Mipaya	Malvinas	4	2	2	2	1
28/08/2018	AM	2	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	10	10	7	1
28/08/2018	AM	2	Cash km 19 lado A	Cash km 9+600	2	3	0	3	1
28/08/2018	AM	2	Cash km 9+600	Malvinas	3	2	2	2	1
28/08/2018	AM	3	Malvinas	Mipaya km 24+700	1	10	10	3	1
28/08/2018	AM	3	Mipaya km 24+700	Pag A	2	9	2	7	1
28/08/2018	AM	3	Pag A	Malvinas	3	10	8	10	1
28/08/2018	AM	4	Malvinas	Cash Pueblo	1	10	10	2	1
28/08/2018	AM	4	Cash Pueblo	Cash 1	2	8	0	4	1
28/08/2018	AM	4	Cash 1	Cash km 39	3	9	5	0	1
28/08/2018	AM	4	Cash km 39	SM 1	5	10	1	8	1
28/08/2018	AM	4	SM 1	SM 3	6	2	0	2	1
28/08/2018	AM	4	SM 3	Cash 1	7	3	3	1	1
28/08/2018	AM	4	Cash 1	Malvinas	9	8	6	8	1
28/08/2018	AM	5	Malvinas	Cash 1	1	10	10	9	1
28/08/2018	AM	5	Cash 1	Cash 3	2	2	1	0	1
28/08/2018	AM	5	Cash 3	Cash km 39	3	7	5	2	1
28/08/2018	AM	5	Cash km 39	Cash km 9+600	4	10	5	5	1
28/08/2018	AM	5	Cash km 9+600	Cash km 13	5	10	5	5	1
28/08/2018	AM	5	Cash km 13	Malvinas	6	10	5	10	1
28/08/2018	AM	6	Malvinas	Pag A	1	5	5	5	1
28/08/2018	AM	6	Pag A	Malvinas	2	0	0	0	1
28/08/2018	AM	7	Malvinas	Cash km 7	1	8	8	5	1
28/08/2018	AM	7	Cash km 7	Cash Pueblo	3	3	0	1	1
28/08/2018	AM	7	Cash Pueblo	Cash km 13	4	2	0	2	1
28/08/2018	AM	7	Cash km 13	Malvinas	5	4	4	4	1

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
10/11/2018	AM	1	Malvinas	Cash Pueblo	1	10	10	1	1
10/11/2018	AM	1	Cash Pueblo	Cash 1	2	9	0	4	1
10/11/2018	AM	1	Cash 1	Cash 3	3	5	0	5	1
10/11/2018	AM	1	Cash 3	Malvinas	4	9	9	9	1
10/11/2018	AM	2	Malvinas	Cash km 13	1	10	10	1	1
10/11/2018	AM	2	Cash km 13	Cash km 19 Lado B	2	9	0	3	1
10/11/2018	AM	2	Cash km 19 Lado B	Cash 1	3	6	0	6	1
10/11/2018	AM	2	Cash 1	Cash km 19 lado A	4	10	10	6	1
10/11/2018	AM	2	Cash km 19 lado A	Malvinas	5	4	0	4	1
10/11/2018	AM	3	Malvinas	Cash km 13	1	10	10	10	1
10/11/2018	AM	3	Cash km 13	Malvinas	2	3	3	3	1
10/11/2018	AM	4	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	10	10	1	1
10/11/2018	AM	4	Cash km 19 Lado B	Cash km 9+600	2	9	0	7	1
10/11/2018	AM	4	Cash km 9+600	Cash km 39	3	2	0	2	1
10/11/2018	AM	4	Cash km 39	Malvinas	4	2	2	2	1
10/11/2018	AM	5	Malvinas	SM 1	1	10	10	6	1
10/11/2018	AM	5	SM 1	SM km 3+750	2	4	0	0	1
10/11/2018	AM	5	SM km 3+750	SM 3	3	5	1	3	1
10/11/2018	AM	5	SM 3	Cash 1	4	2	0	1	1
10/11/2018	AM	5	Cash 1	Malvinas	5	10	9	10	1
10/11/2018	AM	10	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	16	16	13	2
10/11/2018	AM	10	Pag Km 13 Sur	Cash km 19 lado A	2	3	0	3	2
10/11/2018	AM	10	Cash km 19 lado A	Malvinas	3	15	15	15	2
10/11/2018	AM	11	Malvinas	Cash km 9+600	1	19	19	19	2
10/11/2018	AM	11	Cash km 9+600	Malvinas	2	7	7	7	2
29/06/2018	AM	1	Malvinas	Pag A	1	10	10	10	1
29/06/2018	AM	1	Pag A	Malvinas	2	0	0	0	1
29/06/2018	AM	2	Malvinas	Cash 1	2	9	9	5	1
29/06/2018	AM	2	Cash 1	SM 1	3	10	6	4	1
29/06/2018	AM	2	SM 1	SM km 20	4	7	1	1	1
29/06/2018	AM	2	SM km 20	Malvinas	5	6	0	6	1
29/06/2018	AM	3	Malvinas	Cash 1	1	10	10	6	1
29/06/2018	AM	3	Cash 1	Cash 3	2	6	2	4	1
29/06/2018	AM	3	Cash 3	Cash km 19 lado A	3	8	6	5	1
29/06/2018	AM	3	Cash km 19 lado A	Cash km 13	4	10	7	8	1
29/06/2018	AM	3	Cash km 13	Malvinas	5	2	0	2	1
29/06/2018	AM	4	Malvinas	Coga km 8+400	1	6	6	6	1
29/06/2018	AM	4	Coga km 8+400	Malvinas	2	0	0	0	1
29/06/2018	AM	5	Malvinas	Mipaya	1	10	10	7	1
29/06/2018	AM	5	Mipaya	Mipaya km 3+400	2	3	0	2	1
29/06/2018	AM	5	Mipaya km 3+400	Mipaya km 24+700	3	1	0	1	1
29/06/2018	AM	5	Mipaya km 24+700	Mipaya	4	10	10	9	1
29/06/2018	AM	5	Mipaya	Malvinas	5	1	0	1	1
29/06/2018	AM	6	Malvinas	SM 1	1	10	10	4	1
29/06/2018	AM	6	SM 1	SM km 3+750	2	10	4	5	1
29/06/2018	AM	6	SM km 3+750	SM 3	3	5	0	2	1
29/06/2018	AM	6	SM 3	Cash Pueblo	4	10	7	1	1
29/06/2018	AM	6	Cash Pueblo	Malvinas	5	9	0	9	1
29/06/2018	AM	8	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	17	17	5	2
29/06/2018	AM	8	Cash km 19 lado A	Cash km 39	2	12	0	12	2
29/06/2018	AM	8	Cash km 39	Malvinas	3	0	0	0	2
29/06/2018	AM	9	Malvinas	Pag A	1	19	19	19	2
29/06/2018	AM	9	Pag A	Malvinas	2	18	18	18	2
29/06/2018	AM	10	Malvinas	SM 3	1	19	19	19	2
29/06/2018	AM	10	SM 3	Malvinas	2	10	10	10	2

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
4/09/2018	AM	1	Malvinas	Pag A	1	10	10	7	1
4/09/2018	AM	1	Pag A	Pag Km 13 Sur	2	6	3	3	1
4/09/2018	AM	1	Pag Km 13 Sur	Malvinas	3	3	0	3	1
4/09/2018	AM	2	Malvinas	Cash Pueblo	1	10	10	4	1
4/09/2018	AM	2	Cash Pueblo	SM 1	2	6	0	3	1
4/09/2018	AM	2	SM 1	SM km 20	3	8	5	6	1
4/09/2018	AM	2	SM km 20	CCNN Segakiato	4	10	8	2	1
4/09/2018	AM	2	CCNN Segakiato	Malvinas	5	9	1	9	1
4/09/2018	AM	3	Malvinas	SM 3	1	9	9	9	1
4/09/2018	AM	3	SM 3	SM km 3+750	2	6	6	0	1
4/09/2018	AM	3	SM km 3+750	SM km 20	3	8	2	1	1
4/09/2018	AM	3	SM km 20	Malvinas	4	8	1	8	1
4/09/2018	AM	4	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	10	10	10	1
4/09/2018	AM	4	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	0	0	0	1
4/09/2018	AM	8	Malvinas	Cash km 9+600	1	19	19	8	2
4/09/2018	AM	8	Cash km 9+600	Cash 1	2	12	1	8	2
4/09/2018	AM	8	Cash 1	Cash km 39	3	13	9	1	2
4/09/2018	AM	8	Cash km 39	Cash 3	4	12	0	2	2
4/09/2018	AM	8	Cash 3	Malvinas	5	14	4	14	2
4/09/2018	AM	9	Malvinas	Mipaya	1	19	19	18	2
4/09/2018	AM	9	Mipaya	Mipaya km 24+700	2	3	2	1	2
4/09/2018	AM	9	Mipaya km 24+700	Malvinas	3	5	3	5	2
4/09/2018	AM	10	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	11	11	5	2
4/09/2018	AM	10	Cash km 19 lado A	Cash km 13	2	6	0	6	2
4/09/2018	AM	10	Cash km 13	Malvinas	3	2	2	2	2
30/04/2018	AM	1	Malvinas	Cash Pueblo	1	10	10	1	1
30/04/2018	AM	1	Cash Pueblo	Cash km 39	2	9	0	1	1
30/04/2018	AM	1	Cash km 39	Cash 3	3	9	1	7	1
30/04/2018	AM	1	Cash 3	SM 1	4	9	7	5	1
30/04/2018	AM	1	SM 1	Malvinas	5	4	0	4	1
30/04/2018	AM	2	Malvinas	SM km 10 A	1	10	10	10	1
30/04/2018	AM	2	SM km 10 A	Malvinas	2	0	0	0	1
30/04/2018	AM	3	Malvinas	SM 1	1	10	10	8	1
30/04/2018	AM	3	SM 1	CCNN Segakiato	2	2	0	0	1
30/04/2018	AM	3	CCNN Segakiato	SM km 10 A	3	4	2	2	1
30/04/2018	AM	3	SM km 10 A	Malvinas	4	2	0	2	1
30/04/2018	AM	4	Malvinas	SM 3	1	10	10	4	1
30/04/2018	AM	4	SM 3	Kimaro	2	7	1	4	1
30/04/2018	AM	4	Kimaro	SM 1	3	3	0	2	1
30/04/2018	AM	4	SM 1	SM km 20	4	4	3	1	1
30/04/2018	AM	4	SM km 20	Malvinas	5	3	0	3	1
30/04/2018	AM	5	Malvinas	Cash km 13	1	7	7	7	1
30/04/2018	AM	5	Cash km 13	Malvinas	2	0	0	0	1
30/04/2018	AM	6	Malvinas	Mipaya	1	7	7	4	1
30/04/2018	AM	6	Mipaya	Mipaya km 24+700	2	5	2	1	1
30/04/2018	AM	6	Mipaya km 24+700	Pag A	3	5	1	2	1
30/04/2018	AM	6	Pag A	Malvinas	4	4	1	4	1
30/04/2018	AM	9	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	19	19	10	2
30/04/2018	AM	9	Cash km 19 lado A	Cash 1	2	9	0	9	2
30/04/2018	AM	9	Cash 1	Malvinas	3	3	3	3	2
30/04/2018	AM	10	Malvinas	Cash 1	2	19	19	4	2
30/04/2018	AM	10	Cash 1	SM 3	3	15	0	9	2
30/04/2018	AM	10	SM 3	SM km 3+750	4	12	6	6	2
30/04/2018	AM	10	SM km 3+750	Malvinas	5	6	0	6	2
30/04/2018	AM	11	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	19	19	19	2
30/04/2018	AM	11	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	0	0	0	2

Fecha	Turno	Vehicle	Origen	Destino	Parada	Pasajeros en Tránsito	Pasajeros que suben en Origen	Pasajeros que bajan en Destino	Tipo de Flota
20/10/2018	AM	1	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	10	10	10	1
20/10/2018	AM	1	Cash km 19 lado A	Malvinas	2	0	0	0	1
20/10/2018	AM	2	Malvinas	Cash km 9+600	1	10	10	10	1
20/10/2018	AM	2	Cash km 9+600	SM km 20	2	5	5	3	1
20/10/2018	AM	2	SM km 20	SM km 3+750	3	2	0	0	1
20/10/2018	AM	2	SM km 3+750	SM km 20	4	10	8	5	1
20/10/2018	AM	2	SM km 20	SM km 10 A	5	5	0	5	1
20/10/2018	AM	2	SM km 10 A	Malvinas	6	0	0	0	1
20/10/2018	AM	3	Malvinas	Cash km 9+600	1	10	10	8	1
20/10/2018	AM	3	Cash km 9+600	Cash Pueblo	2	4	2	2	1
20/10/2018	AM	3	Cash Pueblo	Malvinas	3	2	0	2	1
20/10/2018	AM	4	Malvinas	CCNN Segakiato	1	7	7	2	1
20/10/2018	AM	4	CCNN Segakiato	Pag A	2	5	0	2	1
20/10/2018	AM	4	Pag A	Pag B	3	5	2	0	1
20/10/2018	AM	4	Pag B	Mipaya km 24+700	4	6	1	1	1
20/10/2018	AM	4	Mipaya km 24+700	Mipaya	5	5	0	3	1
20/10/2018	AM	4	Mipaya	Malvinas	6	3	1	3	1
20/10/2018	AM	5	Malvinas	Cash 1	1	10	10	10	1
20/10/2018	AM	5	Cash 1	SM 3	2	3	3	0	1
20/10/2018	AM	5	SM 3	SM km 3+750	3	7	4	0	1
20/10/2018	AM	5	SM km 3+750	SM km 20	4	10	3	3	1
20/10/2018	AM	5	SM km 20	Malvinas	5	7	0	7	1
5/05/2018	AM	1	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	10	10	2	1
5/05/2018	AM	1	Cash km 19 Lado B	Cash km 13	2	8	0	8	1
5/05/2018	AM	1	Cash km 13	Malvinas	3	0	0	0	1
5/05/2018	AM	2	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	10	10	5	1
5/05/2018	AM	2	Pag Km 13 Sur	Pag Km 13 Norte	2	5	0	5	1
5/05/2018	AM	2	Pag Km 13 Norte	Malvinas	3	0	0	0	1
5/05/2018	AM	3	Malvinas	SM 3	1	10	10	4	1
5/05/2018	AM	3	SM 3	Kimaro	2	7	1	6	1
5/05/2018	AM	3	Kimaro	SM 1	3	7	6	2	1
5/05/2018	AM	3	SM 1	SM km 10 A	4	10	5	5	1
5/05/2018	AM	3	SM km 10 A	Malvinas	5	5	0	5	1
5/05/2018	AM	4	Malvinas	Cash km 19 lado A	1	10	10	1	1
5/05/2018	AM	4	Cash km 19 lado A	Cash km 39	2	9	0	2	1
5/05/2018	AM	4	Cash km 39	Cash km 19 Lado B	3	7	0	3	1
5/05/2018	AM	4	Cash km 19 Lado B	SM 1	4	4	0	3	1
5/05/2018	AM	4	SM 1	CCNN Segakiato	5	3	2	1	1
5/05/2018	AM	4	CCNN Segakiato	Malvinas	6	3	1	3	1
5/05/2018	AM	5	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	10	10	10	1
5/05/2018	AM	5	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	0	0	0	1
5/05/2018	AM	6	Malvinas	Cash 3	1	10	10	7	1
5/05/2018	AM	6	Cash 3	Cash km 39	2	10	7	4	1
5/05/2018	AM	6	Cash km 39	Malvinas	3	6	0	6	1
5/05/2018	AM	7	Malvinas	Cash km 39	1	10	10	10	1
5/05/2018	AM	7	Cash km 39	Malvinas	2	1	1	1	1
5/05/2018	AM	8	Malvinas	Pag Km 13 Sur	1	10	10	10	1
5/05/2018	AM	8	Pag Km 13 Sur	Malvinas	2	0	0	0	1
19/06/2018	AM	1	Malvinas	SM 1	1	9	9	7	1
19/06/2018	AM	1	SM 1	SM km 3+750	2	2	0	2	1
19/06/2018	AM	1	SM km 3+750	SM 3	3	1	1	0	1
19/06/2018	AM	1	SM 3	Malvinas	4	8	7	8	1
19/06/2018	AM	2	Malvinas	SM 3	1	10	10	9	1
19/06/2018	AM	2	SM 3	CCNN Segakiato	2	7	6	1	1
19/06/2018	AM	2	CCNN Segakiato	Malvinas	3	10	4	10	1
19/06/2018	AM	3	Malvinas	Pag A	1	9	9	9	1
19/06/2018	AM	3	Pag A	Malvinas	2	0	0	0	1
19/06/2018	AM	4	Malvinas	Pag A	1	10	10	10	1
19/06/2018	AM	4	Pag A	Malvinas	2	6	6	6	1
19/06/2018	AM	5	Malvinas	Cash 3	1	10	10	9	1
19/06/2018	AM	5	Cash 3	SM 3	2	4	3	1	1
19/06/2018	AM	5	SM 3	Malvinas	3	10	7	10	1
19/06/2018	AM	6	Malvinas	SM km 10 A	1	7	7	7	1
19/06/2018	AM	6	SM km 10 A	Malvinas	2	0	0	0	1
19/06/2018	AM	7	Malvinas	Cash km 19 Lado B	1	9	9	3	1
19/06/2018	AM	7	Cash km 19 Lado B	Cash km 39	2	6	0	5	1
19/06/2018	AM	7	Cash km 39	Cash km 19 lado A	3	9	8	8	1
19/06/2018	AM	7	Cash km 19 lado A	Malvinas	4	1	0	1	1
19/06/2018	AM	8	Malvinas	Mipaya	1	10	10	10	1
19/06/2018	AM	8	Mipaya	Malvinas	2	4	4	4	1
19/06/2018	AM	9	Malvinas	Pag A	1	10	10	6	1
19/06/2018	AM	9	Pag A	Mipaya km 3+400	2	9	5	2	1
19/06/2018	AM	9	Mipaya km 3+400	Mipaya	3	7	0	7	1
19/06/2018	AM	9	Mipaya	Malvinas	4	0	0	0	1
19/06/2018	AM	10	Malvinas	SM 1	1	10	10	3	1
19/06/2018	AM	10	SM 1	Cash 1	2	10	3	10	1
19/06/2018	AM	10	Cash 1	Cash Pueblo	3	5	5	0	1
19/06/2018	AM	10	Cash Pueblo	Malvinas	4	9	4	9	1